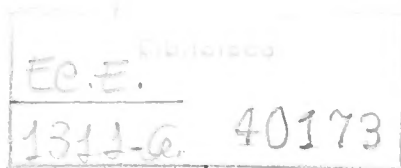




UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO



HC79.P55.F47 1993

**A POLUIÇÃO INDUSTRIAL NO BAIXO-VOUGA:  
UM CASO DE EXTERNALIDADES NEGATIVAS**

***ANTÓNIO CARLOS DE CARVALHO FERREIRA***

**Tese de mestrado em Economia realizada sob a orientação do**

***PROF. DR. BRANDÃO ALVES***

**LISBOA  
JANEIRO / 1993**

INTRODUÇÃO.....	1
A. Definição e justificação do tema.....	1
B. A metodologia a utilizar.....	4
I. PRODUÇÃO DE ARROZ E A POLUIÇÃO INDUSTRIAL NA REGIÃO DO BAIXO-VOUGA.....	6
A. Os efeitos da poluição industrial sobre a produção de outras actividades económicas.....	6
B. A região do Baixo-Vouga: uma hipótese de localização de externalidades negativas.....	8
C. Fontes de elaboração da hipótese.....	10
1. A observação da Poluição no Baixo-Vouga.....	10
a) As observações da Direcção-Geral do Ambiente e da Direcção da Hidráulica do Mondego.....	10
b) A observação dos agricultores.....	22
c) A admissibilidade da poluição por parte da Portucel.....	23
(1) O volume de resíduos.....	24
(2) A qualidade dos resíduos.....	29
(3) O espaço dos resíduos.....	32
2. A teoria que pode sustentar a hipótese explicativa.....	35
a) A poluição e o consumo de recursos naturais.....	35
(1) A exaustão dos recursos naturais.....	36
(2) A valorização dos recursos naturais.....	38
(3) A valorização e a alteração paradigmática.....	48
b) A poluição como uma externalidade negativa.....	51
(1) Os custos sociais da poluição.....	52
(2) O óptimo ou eficiência de Pareto.....	62
(3) As externalidades Pareto-relevantes.....	73
(4) O cálculo teórico da compensação a ser pago à vítima da poluição.....	78
(5) Os efeitos quantitativo e económico da poluição.....	84
II. A VERIFICAÇÃO ECONOMETRICA DA HIPÓTESE.....	88
A. O modelo matemático.....	88
B. Os dados.....	100
C. O modelo econométrico.....	103
1. A estimação dos parâmetros do modelo.....	106
a) Estimação da equação (II.8).....	108
b) Estimação da equação (II.9).....	117
2. Interpretação dos resultados da estimação das equações (II.8) e (II.9).....	125
3. Os usos da equação (II.9) estimada.....	127
4. A crítica dos resultados.....	129
III. CONCLUSÃO.....	136
BIBLIOGRAFIA.....	139

# ÍNDICE das FIGURAS

pag.

Fig.I.1-----	14
Fig.I.2-----	17
Fig.I.3-----	18
Fig.I.3.a)-----	19
Fig.I.3.b)-----	19
Fig.I.4-----	20
Fig.4.a)-----	21
Fig.4.b)-----	21
Fig.I.5-----	25
Fig.I.6-----	27
Fig.I.7-----	40
Fig.I.8-----	45
Fig.I.9-----	46
Fig.I.10-----	53
Fig.I.11-----	58
Fig.I.12-----	61
Fig.I.13.a)-----	67
Fig.I.13.b)-----	67
Fig.I.14-----	68
Fig.I.15-----	69
Fig.I.16-----	74
Fig.I.17-----	86
Fig.II.1-----	91
Fig.II.2-----	91
Fig.II.3-----	96
Fig.II.4-----	117
Fig.II.5-----	123

## ÍNDICE dos QUADROS

	pag.
Quadro I.1-----	87
Quadro I.2-----	87
Quadro II.1-----	110
Quadro II.2-----	113
Quadro II.3-----	114
Quadro II.4-----	115
Quadro II.5-----	115
Quadro II.6-----	119
Quadro II.7-----	121
Quadro II.8-----	121
Quadro II.9-----	122
Quadro II.10-----	122
Quadro II.11-----	123
Quadro II.12-----	129
Quadro II.13-----	132
Quadro II.14-----	132
Quadro II.15-----	134
Quadro II.16-----	135





## INTRODUÇÃO

### A. DEFINIÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

O objectivo do presente estudo é pesquisar se, em Portugal, é possível detectar *consequências negativas*, de carácter económico, provocadas por *resíduos poluentes* da produção industrial.

O *tema* ou *assunto* do estudo prende-se, pois, com o problema económico teórico das *externalidades negativas*.

O conceito de *externalidade* foi, primeira vez, enunciado por A. MARSHALL na sua obra *Principles of Economics* onde o autor, a propósito das economias resultantes do aumento da escala de produção para uma empresa, faz depender essas economias de dois factores: as resultantes do desenvolvimento da indústria no seu todo, que seriam alheias à própria vontade do empresário e seriam, por isso, *economias externas*; e as originadas pela melhor organização interna da empresa, dependentes da vontade do empresário, designadas por *economias internas*.

Também PIGOU, em *The Economics of Welfare* se refere à distinção entre *custos internos*, os custos monetários duma empresa que dependem só do seu próprio volume de produção, e os *custos externos*, os custos monetários duma empresa que, para além de serem afectados pelo volume da própria produção, são também afectados pelo volume de produção de toda a indústria.

Posteriormente, é de destacar as contribuições de T. SCITOVSKY, abordando a diferença entre *externalidades pecuniárias* - as que podem ser expressas através do mercado- e *tecnológicas* - as que afectam

*directamente* os agentes económicos sem antes passarem pelo crivo do mercado; de F. BATOR, que analisa a *desigualdade* entre os *produtos marginais social e privado* quando existem externalidades; e de J.BUCHANAN e C.STUBBLEBLINE que salientam a existência de *externalidades Pareto-relevantes* sempre que a vítima da externalidade deseje modificar o nível de actividade sem que, com isso, ninguém fique em pior situação.

Na prática, e dentro desta temática geral das externalidades, vamos procuraremos identificar, em Portugal, uma *região* onde possam existir *externalidades negativas* provocadas pela *poluição industrial*. Como *hipótese de trabalho*, e com base em observações várias, admitimos que na *região do Baixo-Vouga* esse tipo de externalidades tenha algumas *probabilidades* de ocorrer.

Investigando-se a existência de *externalidades negativas*, na região do Baixo-Vouga, provocadas pela *poluição industrial*, privilegia-se a *análise económica* do problema da poluição em água doce. Contudo, não tem sido esta, no geral, a análise adoptada não só nessa região, como na generalidade dos rios portugueses.

A poluição tem sido, quase exclusivamente, um fenómeno circunscrito à *análise ecológica*. É nesta vertente que se inserem, entre outros, os

artigos de MOREIRA (1988)<sup>1</sup> , RODRIGUES (1988)<sup>2</sup> e SILVA (1988)<sup>3</sup> ; é, igualmente, deste âmbito o artigo de NORDESTE, MATOS e VIUHO (1990)<sup>4</sup>.

A *justificação* da escolha do tema e do tipo de questão levantada centra-se na *importância* que as mesmas assumem no dia de hoje. A produção de resíduos poluentes associados à produção industrial começam, em algumas regiões do país, a assumir proporções graves. Vejam-se os casos, de entre outros, não só do mencionado rio Vouga mas também do rio Ave, Trancão e das ribeiras da Costa do Estoril que, com alguma assiduidade, são notícias da comunicação social pelos aspectos negativos da poluição associada a esses cursos de água.

Outras actividades económicas, principalmente as ligadas ao sector agrícola e à captação de água para uso doméstico e até industrial, começam a ter sérios problemas na disponibilidade dum recurso vital que, até muito recentemente, existia com uma qualidade aceitável: a *água doce*.

Finalmente, no presente estudo a variável *espaço* não está ausente do assunto a estudar e do problema a analisar. É, não só a *localização* conflituosa das unidades industriais, em geral, e das fábricas de celulose, em particular e como também é a *difusão*, no *espaço*, dos resíduos poluentes originados pelas unidades industriais; por

---

<sup>1</sup> MOREIRA, M. (1988), *Qualidade biológica da água do rio Caima e curso médio e superior do Vouga*, in **1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente**, 206

<sup>2</sup> RODRIGUES, A. (1988), *Avaliação dos efeitos dos efluentes das indústrias de pasta de papel Soporcel e Celbi sobre a macrofauna bentónica do meio receptor*, in **1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente**, 250

<sup>3</sup> SILVA, J. (1988), *Poluição dos rios Caima e Vouga pela indústria de pasta para papel*, in **1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente**, 738

<sup>4</sup> NORDESTE, J. , MATOS, M. e VIUHO, E. (1990), *Diminuição do Impacto Ambiental no Centro Fabril de Cacia da Portucel, E.P.* , in **IV Encontro Nacional de Saneamento Básico 1990**, Aveiro, 200

isso, podemos admitir que o presente estudo se pode enquadrar dentro do âmbito da Economia Regional e Urbana.

## B. A METODOLOGIA A UTILIZAR

O *desenvolvimento* do tema abrange dois capítulos.

Assim, no capítulo I, depois de ser feita a *apresentação do tema* do presente estudo e de, sequentemente, se lançar a *questão* que se pretende resolver ( subcapítulo I.A), é formulada uma possível *hipótese* de trabalho como resposta a esse problema (I.B). Depois, o subcapítulo I.C, pode ser considerado como o suporte da hipótese adiantada. São de dois tipos as fontes que podem servir de base à elaboração da hipótese: empírica (I.C.1) e teórica (I.C.2).

A observação (I.C.1) da poluição no Baixo-Vouga pode ser confirmada por diversos modos. Em primeiro lugar (I.C.1.a), existem registos de diversas instituições públicas, entre as quais a Direcção-Geral do Ambiente e a Hidráulica do Mondego, que expressam a existência do fenómeno da poluição provocado, entre outras, pela indústria de pasta para papel na região do Baixo-Vouga . Em segundo lugar (I.C.1.b)), as queixas dos próprios agricultores da região, feitas através dum seu representante, são tidas em conta; queixas não só relativas à existência da poluição como também aos próprios efeitos negativos da poluição sobre as quantidades da produção agrícola. Finalmente (I.C.1.c)), a própria *admissibilidade do acto poluente* por alguns dos prevaricadores e da possibilidade de se analisar a produção de *resíduos* poluentes e das *mercadorias* que estão na sua origem como um acto de *produção conjunta*.

Os *argumentos teóricos* (I.C.2), que estão subjacentes à eventual hipótese explicativa do problema (da afectação da produção agrícola pela produção industrial poluente), podem ser divididos em duas partes. Na primeira (I.C.2.a)) analisa-se, teóricamente, o facto de alguns *recursos naturais* não terem os *direitos de propriedade* bem *definidos*. Essa análise serve, por sua vez, de base à argumentação teórica sobre a existência de *externalidades negativas* (I.C.2.b)). Com efeito, a teoria económica admite a existência de *custos externos* sobre alguns agentes económicos vítimas de poluição e que, tornando desigual os custos sociais e privados em produzir determinado produto, estão na origem de *ineficiências*; mas uma das razões pelas quais essas ineficiências são mantidas por longos períodos é, precisamente, a ausência de direitos de propriedade bem definidos.

Finalmente, a fechar a parte do desenvolvimento da tese, no capítulo II, tenta-se *verificar e testar* a *hipótese* de explicação formulada. Para isso começa-se por construir, com base na teoria, um *modelo matemático* (II.A) que, em face dos *dados* disponíveis (II.B), será convenientemente adaptado. Uma vez obtido o *modelo econométrico* (II.C), *estimam-se* os parâmetros (II.C.1), *interpretam-se* os resultados (II.C.2), calculam-se os eventuais *prejuízos* ocasionados pela poluição (II.C.3) e, finalmente (II.C.4), *faz-se uma crítica* aos resultados obtidos comparando as *estimativas* feitas para o concelho de Aveiro com as obtidas num outro concelho ( de Anadia) da região.

## **I. PRODUÇÃO DE ARROZ E A POLUIÇÃO INDUSTRIAL NA REGIÃO DO BAIXO-VOUGA**

Neste primeiro capítulo começa-se por *descrever o assunto* a estudar - o das *externalidades negativas* provocadas pela *poluição industrial*; e, relacionada com esse tema, levanta-se a *questão* de se saber *onde*, em Portugal, esse assunto possa ser abordado. Uma *possível resposta* a essa questão é dada pela região do *Baixo-Vouga*, onde se pensa que alguma produção de arroz possa ter sido afectada pela os resíduos poluentes da produção de celulose instalada na região. É uma *hipótese* de trabalho que se procura fundamentar.

### **A. OS EFEITOS DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL SOBRE A PRODUÇÃO DE OUTRAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS**

A *poluição* é um fenómeno estreitamente associado aos *desperdícios* ou *resíduos* da actividade humana, em geral, e da actividade económica, em particular.

A *poluição* pode andar associada ao acto humano de *produzir*, ou seja, ao acto de *transformar recursos* vários (humanos, naturais, tecnológicos e financeiros) em *bens* e *serviços*. Porquê? Porque, *juntamente com a produção de bens e serviços desejados e úteis*<sup>1</sup>, e por isso com valor, podem ser produzidos resíduos sem qualquer valor atribuído pelo homem. Ninguém procura esses resíduos, inclusivamente para os reciclar.

---

<sup>1</sup> RANDALL, A. (1987), *Resource Economics, an Economic Approach to Natural Resource and Environment Policy*, New York, John Wiley & Son, 194

Por outro lado, os próprios produtos procurados, e *após a satisfação das necessidades dos consumidores*, podem ficar, na totalidade ou em parte, inaproveitáveis para o consumo humano e originar, também, desperdícios ou *resíduos*.

De qualquer modo, quer no caso da produção quer no caso do consumo, os desperdícios ou *resíduos* gerados não têm qualquer *valor comercial*; e, não sendo aproveitáveis por qualquer actividade humana - incluindo a reciclagem -, só podem ser, por isso, *expelidos e difundidos* para o *espaço terrestre* que circunda o agente gerador dos desperdícios. Desse modo, os *resíduos* podem, eventualmente, tornar-se *poluentes* e originar, assim, o fenómeno da *poluição*.

Como consequência, a poluição do espaço terrestre pode acarretar a inutilização de importantes *recursos* para outras actividades económicas. Daí podem resultar, para as empresas vítimas da poluição e que utilizam esses recursos como factores produtivos, problemas económicos *acrescidos e involuntários que não são, normalmente, suportados pelas empresas poluidoras*.

*Os efeitos, provocados pela poluição de empresas industriais, sobre a produção ( e os custos) de outras empresas do sector produtivo da economia é o assunto ou tema do presente estudo.*

A *questão ou problema* que se pode colocar , dentro desse assunto, é a de saber onde, *de entre os possíveis rios poluídos portugueses*, pode ocorrer um fenómeno desse tipo, ou seja, *onde é que, nos poluídos rios portugueses, a actividade produtiva duma empresa ou dum conjunto de empresas pode ser afectada negativamente em consequência duma actividade poluidora de uma ou várias empresas industriais?*

## B. A REGIÃO DO BAIXO-VOUGA: UMA HIPÓTESE DE LOCALIZAÇÃO DE EXTERNALIDADES NEGATIVAS

É evidente que a poluição industrial tende a localizar-se, em Portugal, nos distritos de maior implantação de unidades fabris, ou seja, Braga, Porto, Aveiro, Lisboa, Santarém e Setúbal.

Segundo *estimativas* apresentadas no Livro Branco sobre o Ambiente<sup>1</sup> . o *total* , por distrito, dos *efluentes* brutos produzidos pelas *actividades industriais* colocava o distrito de Aveiro à cabeça da lista imediatamente após Lisboa e Setúbal com, respectivamente, 3 006 643, 4 317 407 e 3 327 048 Equivalente-Habitante<sup>2</sup> (E.H.).

De entre os possíveis locais afectados pela poluição industrial devem merecer uma preocupação especial aqueles onde estão instaladas , para além de instalações poluidoras, outras actividades produtivas. Se o escoamento de resíduos poluentes se faz através do elemento líquido não salgado do espaço terrestre, ou seja, através de rios, ribeiras e lagos, é possível que uma das actividades económicas mais prejudicadas com a poluição seja a actividade agrícola, se ela necessitar de consumir - por exemplo, para rega - esse tipo de água.

Existe, em Portugal, uma região onde, a par duma localização industrial extremamente poluente - a da *indústria de pasta de celulose* -, se situa ou situava um ramo da actividade agrícola extremamente carenciado de água: a *produção de arroz* localizada no *Baixo Vouga*, junto à ria de Aveiro.

<sup>1</sup> Ministério do Ambiente e Recursos Naturais (1991), *Livro Branco sobre o Ambiente*, 79

<sup>2</sup> Medida que fornece a carga média de poluição por habitante; neste caso a indústria do distrito de Aveiro produzia , em 1978, o *equivalente* aos desperdícios duma cidade com 3 006 643 *habitantes*.



O Livro Branco sobre o Ambiente estima, para 1987, valores para os efluente bruto produzido pela indústria de *pasta de papel* do distrito de Aveiro ( fábricas do Caima e Cacia) na ordem dos 1 427 251 Equivalente-Habitante <sup>1</sup> ; um valor que só o distrito de Coimbra consegue igualar. Esse valor ( 47,5% do total), no distrito de Aveiro, é largamente maioritário uma vez que a indústria estimada como a 2ª mais poluente ( Indústria de Vinhos e Derivados) produzia efluentes na ordem dos 631 961 Hab.Equivalentes<sup>2</sup>.

Por isso, como possível resposta à questão formulada no subcapítulo I.A., podemos adiantar a *hipótese de existir alguma probabilidade de a produção de pasta celulósica, oriunda das fábricas que escoam os seus resíduos para as águas do rio Vouga e seus afluentes, afectar negativamente a produção de arroz no concelho de Aveiro; tudo porque os orizicultores necessitam de utilizar, para a dita produção, as águas do referido rio .*

Esta hipótese de trabalho engloba, assim, o *relacionamento negativo de duas variáveis: por um lado, como variável dependente, a produção de arroz no concelho de Aveiro; por outro, como variável independente, a produção de celulose das unidades fabris que utilizam o rio Vouga e seus afluentes como esgoto dos seus subprodutos.*

No subcapítulo seguinte tentar-se-á justificar as razões que levaram à formulação de tal hipótese: por um lado, através de observações sobre a existência da poluição no Vouga e seus afluentes, feitas por algumas instituições públicas como a Direcção-Geral do

---

<sup>1</sup> Livro Branco sobre o Ambiente(1991), 77; um valor muito superior àquele que é considerado médio: 500 000 E.H

<sup>2</sup> Livro Branco sobre o Ambiente(1991), 78

Ambiente e a Direcção da Hidráulica do Mondego ou mesmo pela própria Portucel de Cacia; por outro, a observação, feita pelo representante dos próprios agricultores, de as águas poluídas do Vouga estarem a afectar negativamente a produção de arroz na região.

Para além disso existem razões teóricas que permitem arriscar a formulação de tal hipótese. A teoria económica prevê, através do conceito de *externalidade negativa*, que o nível de actividade dum ou vários agentes económicos possa ser afectada negativamente por outrém agente, sem que tal relacionamento seja seleccionado pelo crivo do mercado.

### C. FONTES DE ELABORAÇÃO DA HIPÓTESE

A existência de *poluição* na região do Baixo-Vouga pode ser *certificada, tecnicamente*, pela Direcção-Geral do Ambiente e pela Direcção da Hidráulica Mondego; mas também pode ser observada empiricamente, concretamente pelos agricultores da região. Quanto à *hipótese* dessa *poluição* originar *externalidade negativas* nos agricultores da região ela pode ser sustentada não só pelas *queixas* desses agentes económicos como também pode ser admitida *teóricamente*.

#### 1. A OBSERVAÇÃO DA POLUIÇÃO NO BAIXO-VOUGA

##### a) As observações da Direcção-Geral do Ambiente e da Direcção da Hidráulica do Mondego

Segundo a Direcção-Geral do Ambiente, em 1991 "... a maior parte dos rios [em Portugal] não estão muito poluídos e as suas águas

apresentam, normalmente, características de qualidade dentro dos limites aceitáveis."<sup>1</sup>

A opinião genérica sobre a qualidade da água já era referenciada em 1989, quando a mesma Direcção-Geral afirmava que

em termos genéricos, a situação da qualidade das águas em Portugal pode-se considerar aceitável, à excepção de alguns casos críticos ... dos quais merecem especial referência os dos rios que atravessam zonas de grande densidade populacional e desenvolvimento. próximos do litoral e que recebem cargas poluentes em excesso, como águas residuais urbanas ou industriais sem tratamento ou com tratamento deficiente.<sup>2</sup>

Os casos críticos localizam-se, pois, nos distritos que apresentam um relativo desenvolvimento urbano/demográfico e industrial: é o caso do Porto, Aveiro, Santarém, Lisboa e Setúbal <sup>3</sup> ; todos eles situados no litoral ou muito perto (Santarém).

Assim, em 1989, de entre os rios considerados em estado grave podiam referir-se os rios *Ave, Leça, Vouga* e alguns *afluentes do Tejo*, incluindo as *ribeiras da costa do Estoril* <sup>4</sup> .

Por outro lado, e de acordo com a Direcção-Geral do Ambiente, de entre os resíduos industriais considerados mais poluentes destacam-se os provenientes das *indústrias de celulose (pasta e papel), têxteis e químicas* que representavam, respectivamente, 22%, 12% e 6,5% do total de carga poluente industrial<sup>5</sup> .

---

<sup>1</sup>Relatório do Estado Ambiente (1991), 80/81

<sup>2</sup>Relatório do Estado Ambiente (1989), 112

<sup>3</sup>Relatório do Estado Ambiente (1989), 85

<sup>4</sup>Relatório do Estado Ambiente (1989), 112

<sup>5</sup>Relatório do Estado Ambiente (1991), 84

Grande parte da *poluição do rio Vouga* - à margem do qual, na sua parte terminal, se localizam os arrozais do concelho de Aveiro - é, precisamente, devida aos efluentes da actividade industrial considerada, em Portugal, como das mais poluidoras, a de *celulose*.

Segundo a Direcção-Geral do Ambiente " o trecho médio e superior do rio Vouga apresenta águas pouco poluídas, até à confluência do rio *Caíma*, onde passa a muito poluído, estado que mantém até à foz. No curso final recebe ainda os efluentes de uma *indústria de pasta de celulose*."<sup>1</sup>

Importa realçar da citação anterior dois juízos importantes: 1º- o rio Vouga não está totalmente poluído; como consequência da progressiva industrialização do interior para o litoral, só a parte terminal do percurso, localizado, fundamentalmente, no espaço do distrito de Aveiro, se apresenta em estado crítico; 2º- que a qualidade do rio Vouga depende, também, da qualidade dos rios tributários ou afluentes; estes podem descarregar resíduos poluentes no ponto de confluência e tornar o rio principal mais poluído.

Como resultado do segundo juízo, falar da *poluição* num rio (como o Vouga) pode significar, pois, falar da *poluição da rede hidrográfica*<sup>2</sup> ( do Vouga ) resultante das actividades económicas localizadas, não só ao longo do rio principal, mas também as situadas no espaço

---

<sup>1</sup> Relatório do Estado Ambiente (1989), 113. O *italico* é nosso.

<sup>2</sup> "Os cursos de água são ordinariamente organizados em redes ... Uma rede fluvial possui, de ordinário, um rio principal, assim nomeado, seja por causa da sua posição axial seja por causa do seu débito superior [...e por isso] cursos de água secundários, afluentes, tributários ..., assemelhados a ramificações [...do curso principal], compondo uma radícula fluvial mais ou menos densa " [ BAULIG, H. (1956), *Vocabulaire Franco-Anglo-Allemand de Géomorphologie*, Paris, Société d'Édition:Les Belles Lettres, 25]

referente à *bacia hidrográfica* <sup>1</sup> respectiva. Fazem parte (entre outros) da rede hidrográfica do Vouga, os tributários Caima, na margem direita, e o Águeda, na margem esquerda; merece, também, especial referência o rio Cértima que conflui com o Águeda depois da Pateira de Fermentelos, já muito perto do rio Vouga ( ver Fig.I.1).

Das actividades económicas consideradas mais poluentes são mencionadas, por um estudo da Direcção dos Serviços de Hidráulica do Mondego<sup>2</sup>, pedreiras, adegas, lacticínios, cerâmicas, matadouros, metalomecânicas, químicas e *celuloses*; todas elas utilizam a rede hidrográfica do Vouga como receptáculo dos seus efluentes sólidos e líquidos. Essas actividades localizam-se, -segundo o mencionado estudo- sobretudo, nos concelhos de Anadia-Oliveira do Bairro. Águeda, Aveiro, Estarreja, Oliveira de Azeméis-Vale de Cambra e Bacia do rio Caima - todos no distrito de Aveiro; Oliveira de Frades-S. Pedro de Sul no distrito de Viseu e Praia de Mira no distrito de Coimbra <sup>3</sup> (ver Fig.I.1).

---

<sup>1</sup> Área ou espaço geográfico de alimentação ou drenagem dum curso de água. [ ver HENRI BAULIG (1956), *ibidem*]

<sup>2</sup> SOBRAL, A., CARVALHEIRA, V. e SANTOS, M. (1985), *Rio Vouga-Estabelecimento de um Mapa de Qualidade da Água*, in **Jornadas da Ria de Aveiro**, I volume, 231/232/233

<sup>3</sup> Para além destes concelhos estão, também, englobados, no *todo* ou *em parte*, na Bacia do Vouga os de Arouca, Ílhavo, Feira, Mealhada, Murtosa, Ovar, Sever do Vouga, S. João da Madeira e Vagos no distrito de Aveiro, Cantanhede, Montemor-o-Velho e Penacova no distrito de Coimbra, Aguiar da Beira no da Guarda e Castro Daire, Mortágua, Sátão, Sernancelhe, Tondela, Viseu, V.Nova de Paiva e Vouzela no distrito de Viseu.

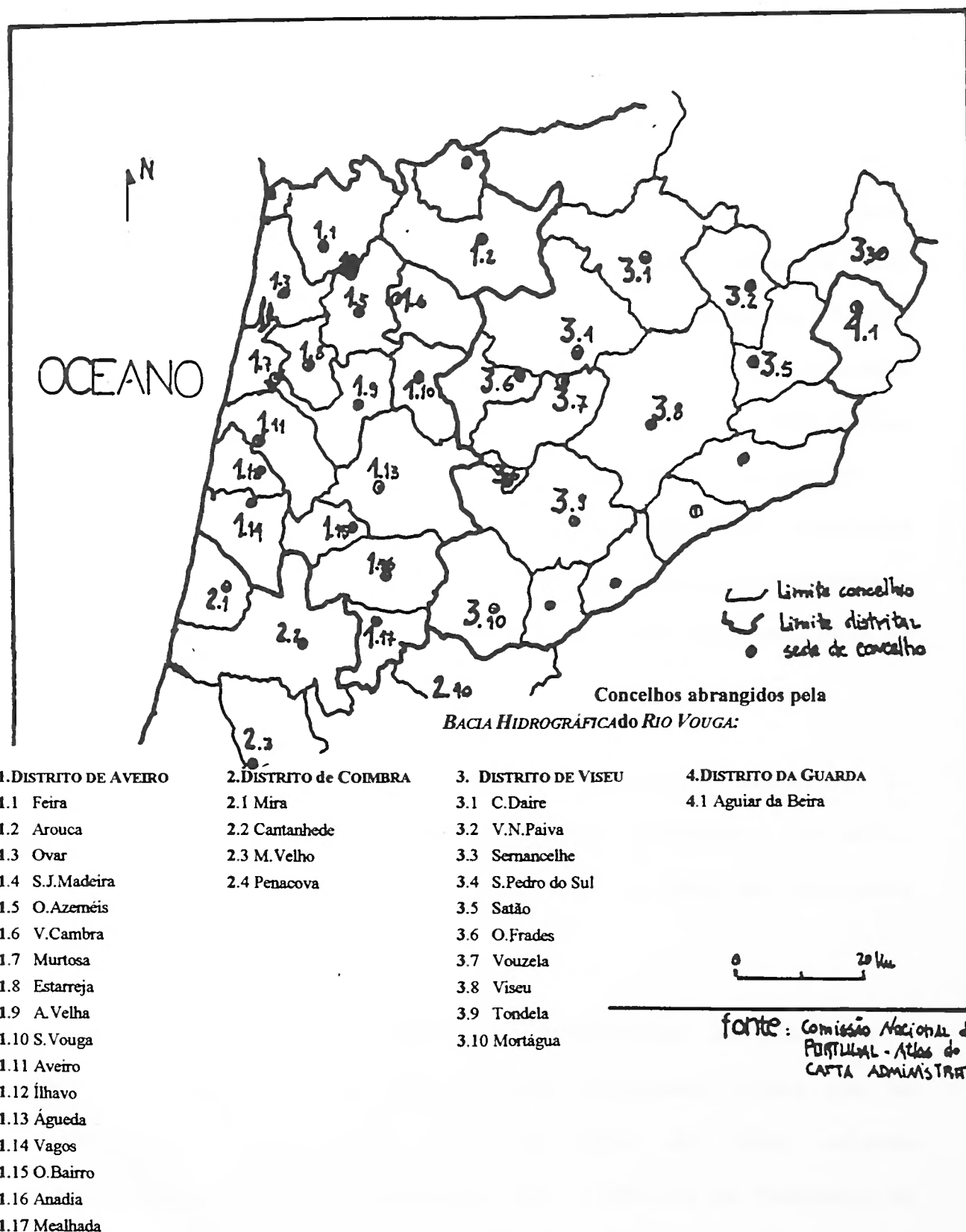


Fig. I.1-A Bacia Hidrográfica do Vouga e respectivos concelhos

Segundo os autores desse estudo, e através de medições feitas de 1979 a 1985 em 6 lugares da rede hidrográfica (ver Fig.I.2) - Pateira de Vilarinho [1], Ponte de S. João de Loure [2], Ponte de Lamas do Vouga [3], Ponte em Vale Maior (rio Caima) [4], Lugar do Carvoeiro [5] e Ponte de Sejães [6] - *só dois*, Carvoeiro [5] e Sejães [6], apresentavam uma qualidade de água expressa pelo parâmetro B, dentro duma classificação gradativa que, partindo de A - isto é, de "água praticamente isenta de poluição podendo satisfazer todos os usos inclusive o abastecimento de água potável com tratamento físico simples e desinfeção..."<sup>1</sup> - e terminando em "excessivamente poluídas", passa, sucessivamente, pelas classes B, C e D. Esta última pode ser descrita como uma "água poluída permitindo a navegação, e podendo ainda ser utilizada na irrigação de espécies menos sensíveis (ou que produzem alimentos que não sejam consumidos directamente, i.e., sem cozedura), e ainda eventualmente na indústria como água de arrefecimento."<sup>2</sup>

Todos os outros locais, Vilarinho[1], Loure[2], Lamas[3], V. Maior[4], apresentavam águas "excessivamente poluídas", ou seja, apresentavam uma qualidade inferior à de D "...e como tal imprópria para qualquer uso."

Vimos, anteriormente, que segundo a Direcção-Geral do Ambiente, a indústria de celulose é das que maiores responsabilidades tem na poluição industrial do país. Ora, na Bacia do Vouga existem localizadas duas fábricas de celulose: uma, a fábrica da Companhia de Celulose do Caima, - junto ao rio com o mesmo nome (ver Fig.I.3) Albergaria-a-Nova, concelho de Albergaria-a-Velha - sendo a mais

<sup>1</sup> SOBRAL, A., CARVALHEIRA, V. e SANTOS, M. (1985), op. cit., 234

<sup>2</sup> SOBRAL, A., CARVALHEIRA, V. e SANTOS, M. (1985), ibidem

antiga do país, foi até 1954 a única fábrica de celulose existente em Portugal; a outra, a hoje designada por Centro Fabril da Portucel de Cacia, está localizada mais a jusante - no curso terminal do rio Vouga (ver Fig.I.4), no concelho de Aveiro - e é, historicamente, a segunda unidade produtora de celulose do país. Estão ambas situadas no distrito de Aveiro.

Admitindo a *localização* dessas duas unidades fabris e a má *qualidade* da água *analizada* no troço do rio Vouga a jusante da confluência do rio Caima ( ver Fig.I.1), leva esses técnicos da Hidráulica do Mondego a afirmar que são essas fábricas produtoras de pasta celulósica as grandes responsáveis por essas características observadas na água. Com efeito,

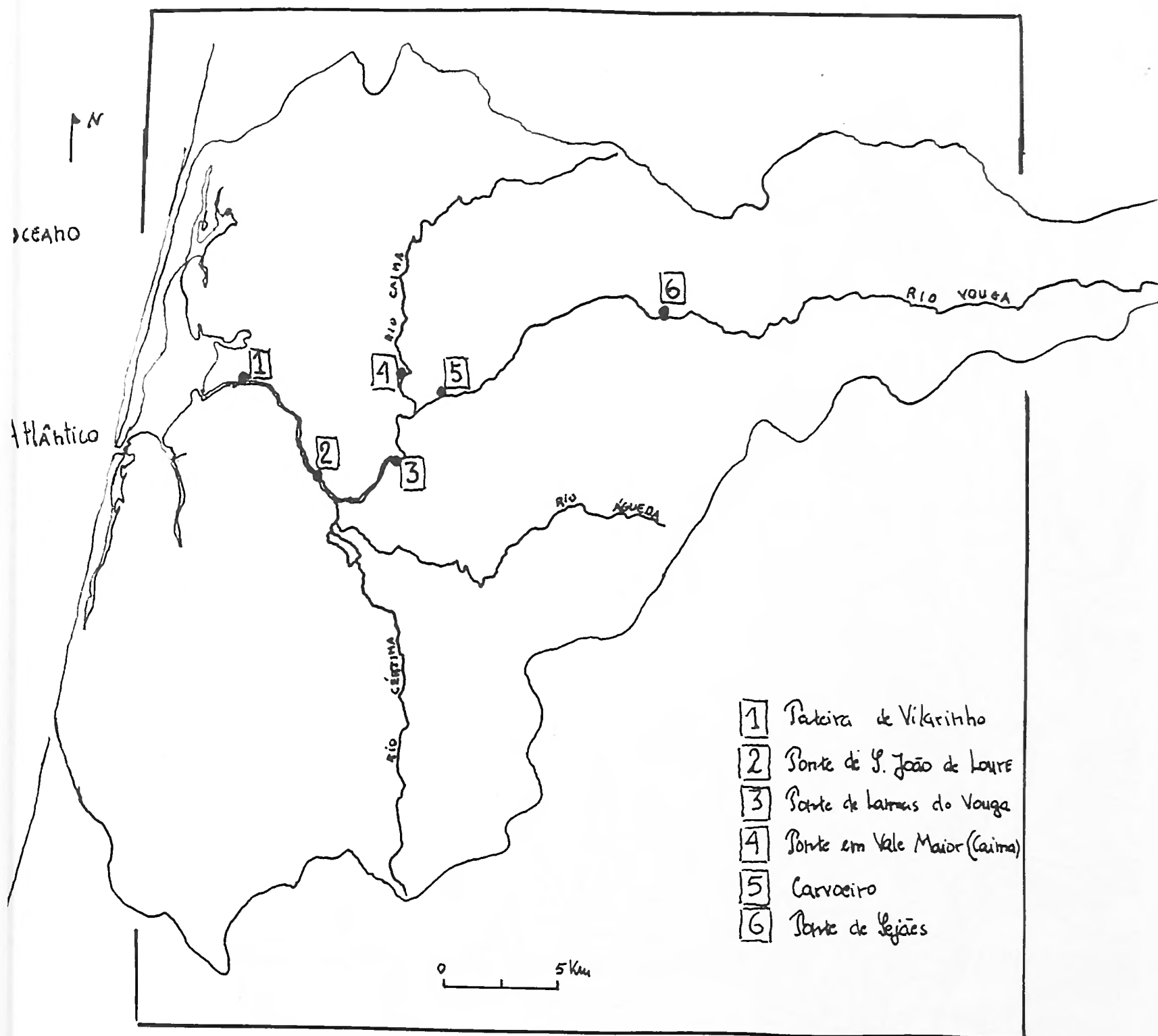
...as principais causas da péssima qualidade da água com que o rio Vouga atinge a Ria de Aveiro ... são, sem dúvida, duas: a poluição provocada pela fábrica de Celulose do Caima, visível na água imprópria e negra que o rio Caima debita no rio Vouga, e o efluente da fábrica de Celulose de Cacia.<sup>1</sup>

À acção poluente da fábrica do Caima junta-se, na parte terminal do rio Vouga, a actividade da fábrica de Cacia que é de tal monta que, só no ano em que entrou em laboração (1954), a produção de celulose no distrito de Aveiro teve um aumento de 491,5% (ver Anexo I).

---

<sup>1</sup> SOBRAL, A., CARVALHEIRA, V. e SANTOS, M.(1985), op.cit., 251





fonte: Direcção Geral dos Recursos  
e Aproveitamentos Hidráulicos  
Direcção Hidráulica do Instituto

Fig.I.2-Locais de medição da qualidade das águas

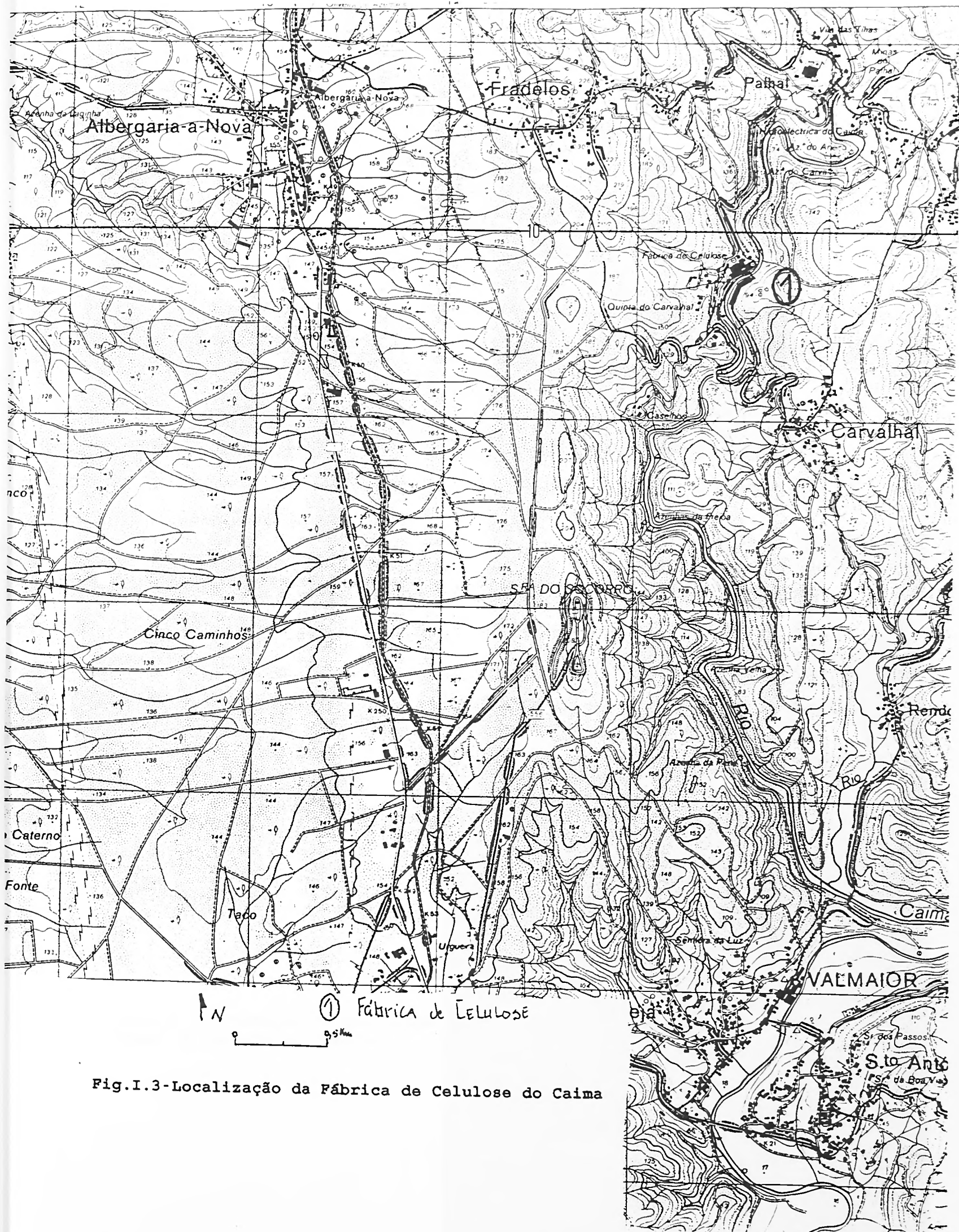


Fig.I.3-Localização da Fábrica de Celulose do Caima

FONTE: CARTA MILITAR de PORTUGAL  
 ESCALA 1/25000  
 FOLHA: ALBERGARIA-A-  
 -VELHA  
 SERVIÇO CARTOGRAFICO do EXERCITO

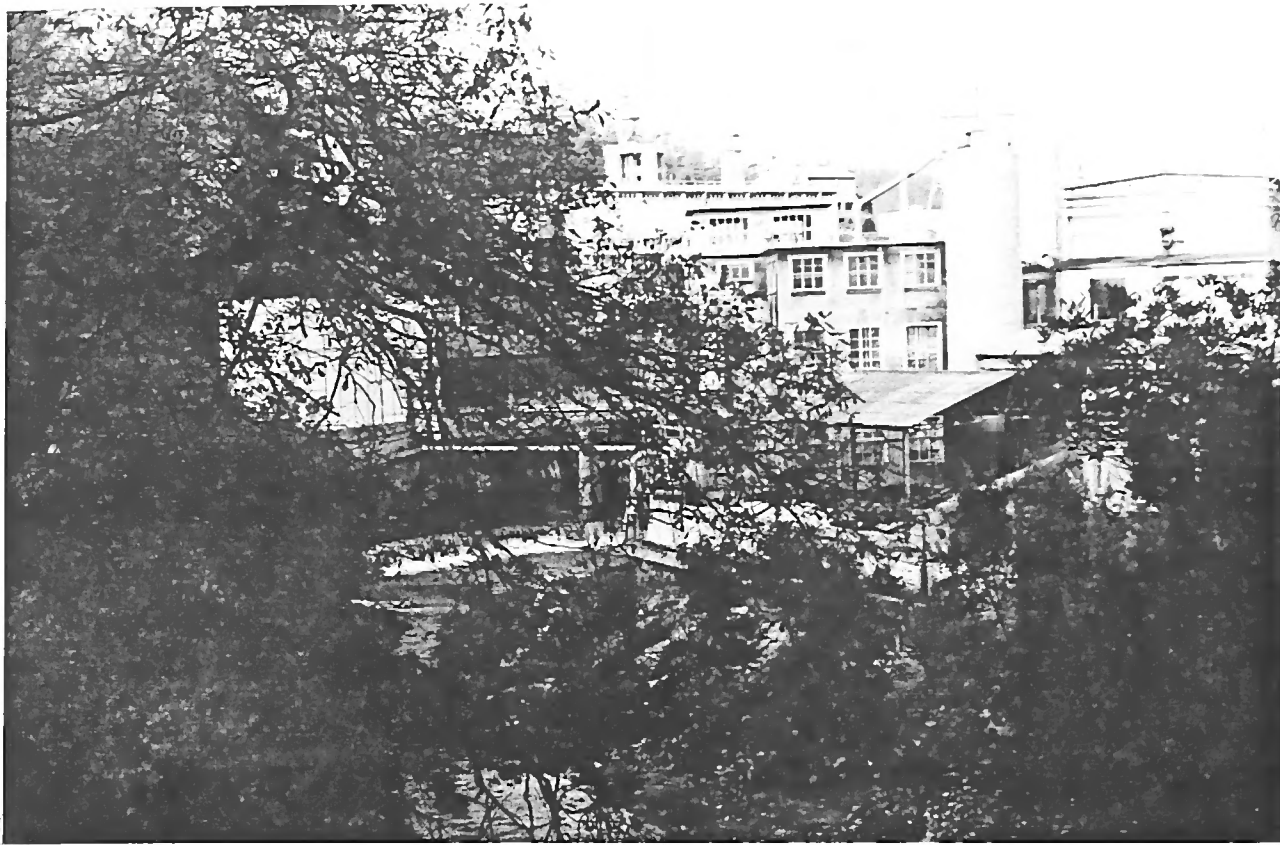


Fig.I.3.a)-Vista da fábrica de celulose do Caima sobre o rio Caima



Fig.I.3.b)-Pormenor do rio Caima  
junto à respectiva fábrica



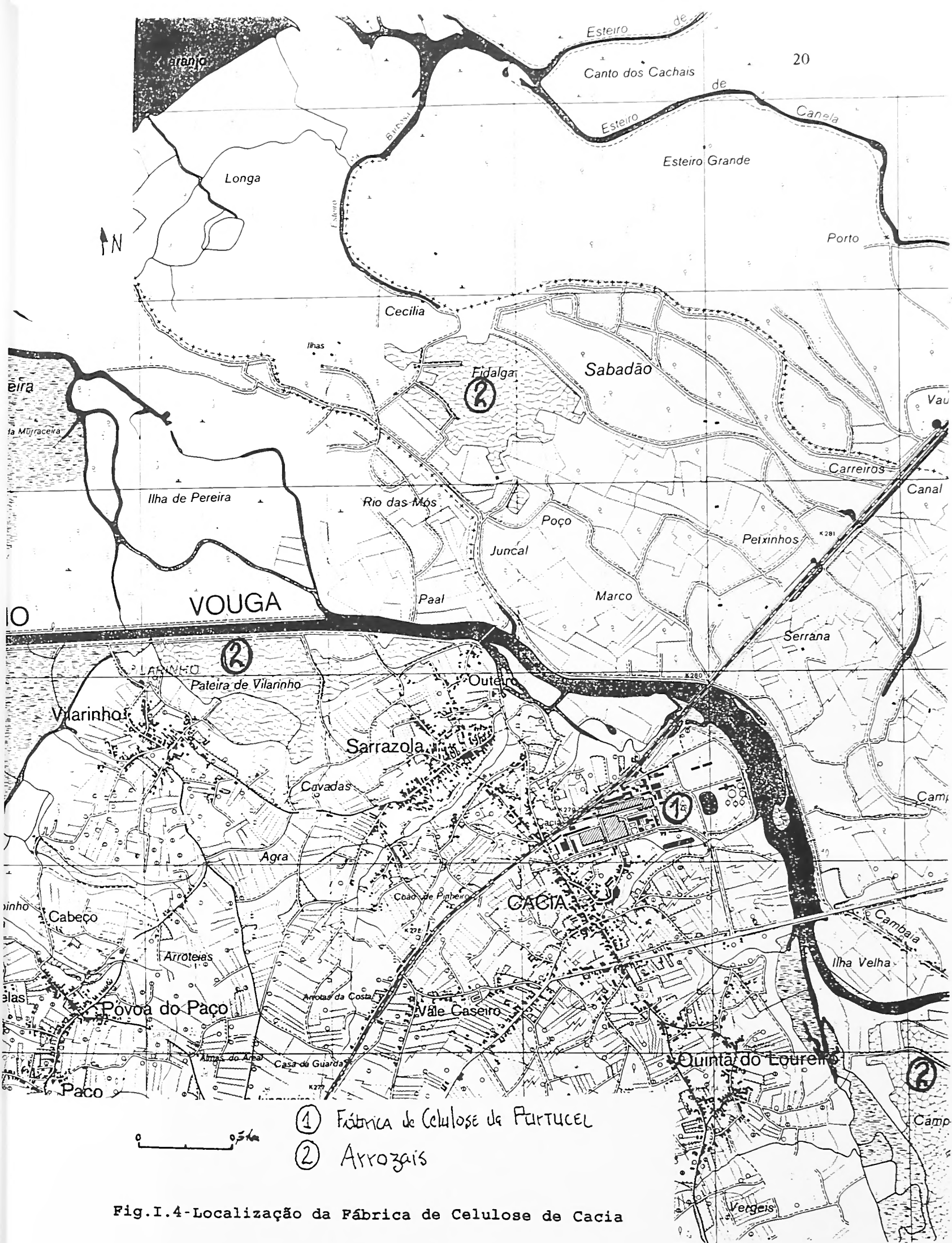


Fig.I.4-Localização da Fábrica de Celulose de Cacia

FONTE: CARTA MILITAR de PORTUGAL  
 ESCALA 1/25 000  
 FOLHA: MURTOSA  
 SERVIÇO CARTOGRAFICO do EXERCITO

Fig.I.4.a) Vista da fábrica de celulose de Cacia a partir da localidade de Sarrazola. Em primeiro plano a *espuma* resultante da cozedura das madeiras.

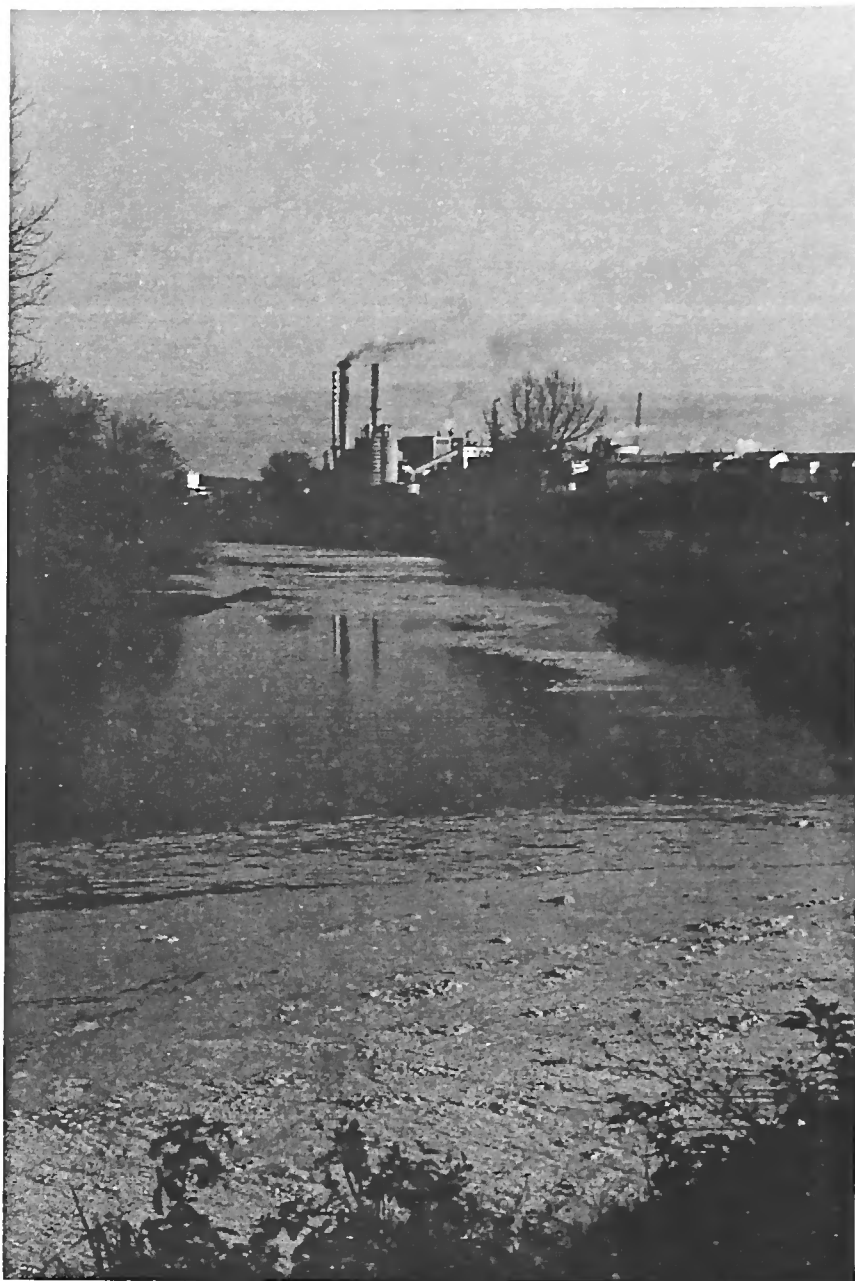
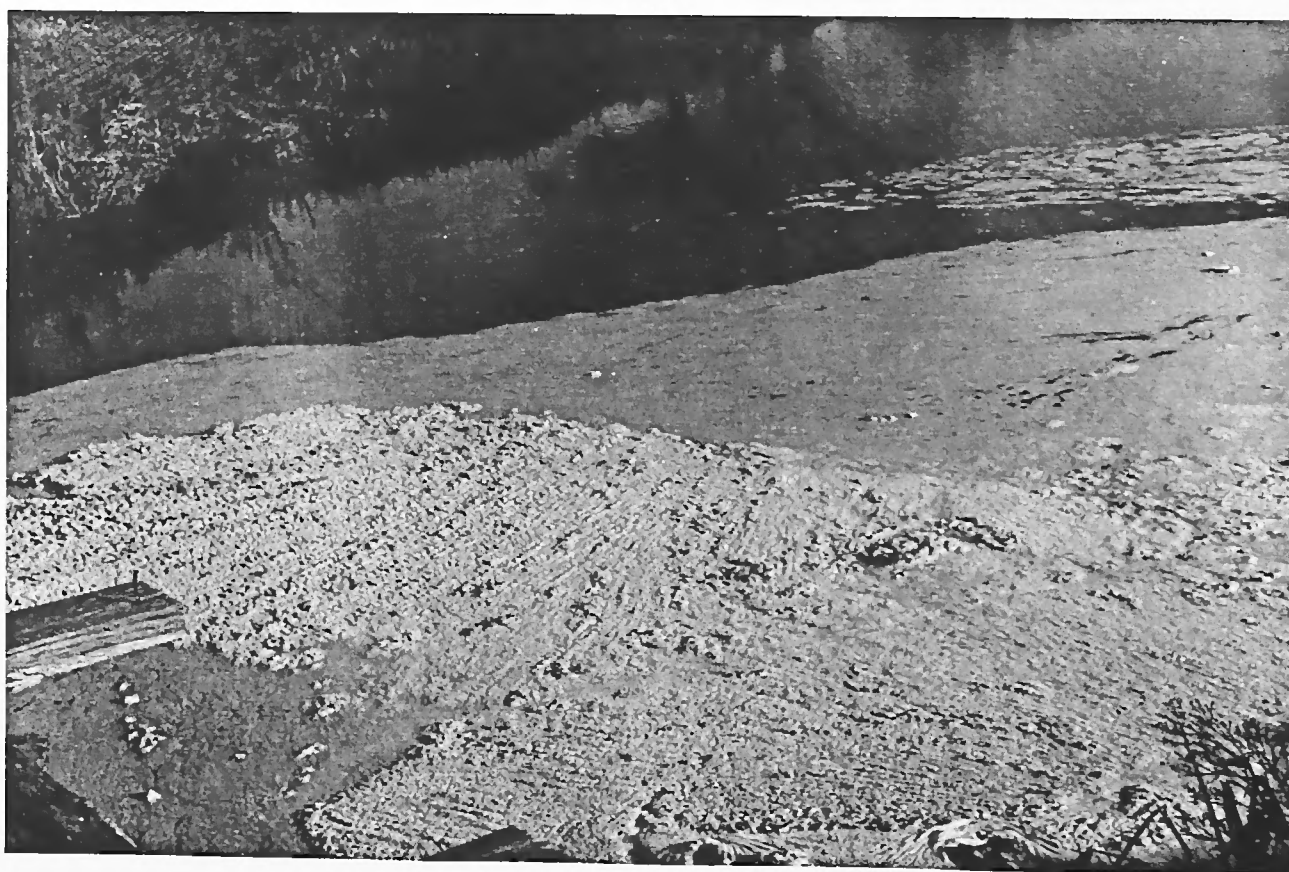


Fig.I.4.b) Pormenor da espuma



### b) A observação dos agricultores

Não é, pois, de estranhar que o lugar de Vilarinho ( a noroeste de Sarrazola, ver Fig.I.4) apresente águas excessivamente poluídas. Ora, Vilarinho é (ou era<sup>1</sup>), também, um lugar de produção de arroz, tal como outros campos marginais do Baixo-Vouga. Daí o *conflito de interesses na utilização da água do rio Vouga* entre os orizicultores e as fábricas de celulose da região. Daí a formulação, por parte destes agricultores, do libelo acusatório contra essas empresas produtoras de celulose e que corrobora o juízo dos técnicos da Hidráulica do Mondego.

Segundo um representante, J.LOPES DA CUNHA, duma associação de agricultores da região, a *Comissão Executiva Contra a Poluição e Defesa dos Campos do Baixo-Vouga*,

...os campos do Baixo-Vouga eram cobertos pelas cheias durante o Inverno, as quais arrastavam as matérias nutrientes que adubava e adoçava o solo, resultado dessa acção natural fertilizante produções de fênos, milho, feijão e arroz .... Mas, após a instalação da Portucel de Cacia e, motivado pelos enormes despejos no Rio Vouga de milhares de toneladas de sólidos todas as semanas!... envolvidos em óleos, nafta, lixívia e outros produtos químicos que são arrastados pelas cheias para cima dos já citados campos ...<sup>2</sup>

diversas produções agrícolas são afectadas. Segundo o mesmo agricultor a poluição impede "...o desenvolvimento das plantas naturais nos prados, pois só resistem as de menor valor nutritivo (por serem grosseiras) para forragem na alimentação do gado."<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hoje em dia, praticamente, deixou-se de produzir arroz na região, segundo o testemunho oral do agricultor Dr. José Valente, antigo produtor de arroz.

<sup>2</sup> CUNHA, J.(1985), *Degradação dos Solos, Culturas e Vegetais nos Campos do Baixo-Vouga, Motivada pelos Efluentes Aquáticos e aéreos da Portucel de Cacia*, in *Jornadas da Ria de Aveiro*, I volume, 222

<sup>3</sup>CUNHA, J.(1985), *ibidem*

Mas as queixas dos agricultores dirigem-se com especial ênfase para os efeitos na produção de arroz; segundo CUNHA (1985), existe

...uma *diminuição drástica do poder germinativo das sementes* - e quando na época estival falta água boa- o solo saturado de poluição *queima mesmo as raízes das plantas, visto que a sua cultura se situa a uma cota inferior às restantes produções, diminuindo assim a sua granação; chegando mesmo a ser nula a produção, conforme os casos e locais onde as mesmas são feitas.*<sup>1</sup>

Não é, pois, de estranhar que alguns orizicultores tenham abandonado a sua actividade. Para o já referido lugar de Vilarinho pode registar-se "... o abandono das marinhas<sup>2</sup> ... da família Couceiro e de outros proprietários ..."<sup>3</sup> ; mas também outros locais, marginais ao rio, foram afectados como a

...Ilha da Murraceira, Ilha Nova, Esteiro de Canô, Patinha, Ilha da Família Tavares de Sousa, Massaricos-Ladeira, Massô, Cabedêlo, Rascôa, Tosão, Ilha do Pereira, Arieiro, Juncais, Matança, Praial, Ilha da Silveira, Cabeço do Monte, Ilha da Cecília e todas as restantes parcelas que eram cultivadas e estimadas pelos seus donos como verdadeiro cofre económico.<sup>4</sup>

### c) A admissibilidade da poluição por parte da Portucel

Mas a própria Portucel de Cacia, admite que produz resíduos poluentes<sup>5</sup> . E, muito embora essa empresa se queixe da má qualidade do rio Vouga que lhe chega de montante (concerteza provocada pela fábrica do Caima) e que ela necessita como factor produtivo ( para

<sup>1</sup>CUNHA, J.(1985), *ibidem*; o *itálico* é nosso.

<sup>2</sup> Nome dado na região aos arrozais.

<sup>3</sup> CUNHA, J.(1985), *op. cit.*, 223

<sup>4</sup> CUNHA, J.(1985), *ibidem*

<sup>5</sup> QUEIRÓZ, M. (1985), *Possibilidade de Resolver a Curto Prazo os Problemas da Poluição Fluvial Originados pela Fábrica da Portucel em Cacia*, in *Jornadas da Ria de Aveiro, I volume*, 170 e , MARNOTO, H., VINAGREIRO, J. e LEMOS, J. (1985), *Redução da Poluição no Centro Fabril de Cacia da Portucel*, in *Jornadas da Ria de Aveiro, I volume*, 178/179

fabricao da Pasta Branca e para utilizar nas Caldeiras de Vapor <sup>1</sup> ), é a Portucel a unidade fabril que *mais próxima* se encontra dos campos agrícolas da parte terminal do Vouga - onde têm origem os protestos mais veementes contra a poluição. Por outro lado, é por mais evidente a *diferença* nas variações percentuais da produção de celulose no distrito de Aveiro *antes e depois de 1954* (ver Anexo I).

O *produto desejado* e transacionado no mercado - pasta celulósica - e o *resíduo*, que lhe está íntimamente associado, estão *técnicamente interrelacionados*; são "outputs" dum mesmo processo produtivo. É um caso de *produção conjunta*.

#### (1) O volume de resíduos.

Mas se as quantidades dos dois produtos - o desejado e procurado no mercado e o (sub)produto de características poluentes - são gerados no mesmo processo produtivo, e isso nos leve a admitir que podemos estar perante um caso de produção conjunta; ela pode ser, todavia, um caso especial se, ao contrário do normal<sup>2</sup>, as *quantidades* do produto e do subproduto estão *directamente relacionadas*, conforme se pode ver na Fig.I.5. Nessa figura representa-se, em abcissa, a quantidade  $q_1$  produzida de pasta celulósica  $Q_1$ ; em ordenada a quantidade  $e_1$  de resíduo não reciclado e poluente  $E_1$ .

<sup>1</sup> QUEIRÓZ, M. (1985), *ibidem*

<sup>2</sup> Em que, dada uma quantidade constante dum recurso, o incremento dum produto implica, necessariamente, o decréscimo do outro.



Segundo FREITAS DA SILVA (1963)<sup>1</sup> e ABECASIS (1969)<sup>2</sup> a produção de pasta celulósica pode obter-se através de três processos tecnológicos alternativos: *mecânico*, *semiquímicos* e *químicos*. Neste último processo podem obter-se *dois tipos* distintos de *pasta*:

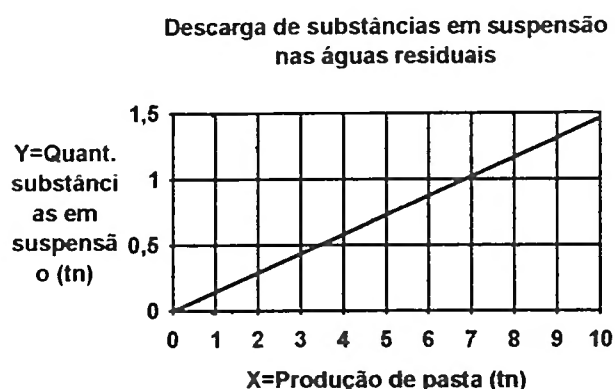


Fig.I.5- A relação directa entre a produção de pasta kraft e as *substâncias residuais em suspensão* segundo a expressão  $Y=0,146.X$

a de *bissulfito* se a *lixívia* utilizada for de *hidrogenossulfito* de *calcio*; se se utilizar uma *lixívia* de *sulfato de sódio* a *pasta* é de *sulfato* ou *kraft*. Enquanto o primeiro processo é utilizado pela fábrica do Caima, o último é utilizado, principalmente,<sup>3</sup> pela *fábrica de Cacia*.

<sup>1</sup> SILVA, A. FREITAS (1963), *Mercadorias*, Porto Editora, 215/216/217

<sup>2</sup> ABECASIS, J. (1969), *Problemática da Indústria de Pastas de Celulose à base de Madeira e da sua Expansão no Continente Português*, in *Boletim Semanal da Direcção-Geral dos Serviços Industriais da Secretaria de Estado da Indústria*

<sup>3</sup> No período de tempo decorrido entre 1957 e 1968 a fábrica de Cacia também produziu pasta mecânica com um máximo de produção de cerca de 6000tn em 1964. [ver ABECASIS, J. (1969), *op.cit.*, 930 e

O processo de fabrico da pasta celulósica pelo processo kraft pode ser esquematizado na Fig.I.6 (ver FREITAS DA SILVA (1963), LOPEZ (1980)<sup>1</sup> e MARNOTO e OUTROS (1985) e QUEIRÓZ ( )<sup>2</sup> ).

A madeira (pinheiros ou eucaliptos) depois de destroçados são cozidos juntamente com a lexívia de sulfato de sódio; após a cozedura pode separar-se a *pasta celulósica* - não atacada pela lexívia branca e que serve de matéria-prima para o fabrico do papel - da *lixívia* de cor *negra* (devido à presença da lenhina dissolvida pela lexívia branca).

Essa *lixívia negra* é um *subproduto* do mesmo processo produtivo e, se reciclada, é passível de obter a *lixívia inicial* empregue no cozimento; também é possível extrair outras matérias-primas, como a *terebintina*, se, por exemplo, a madeira utilizada tiver sido o pinheiro.

Mas a parte da *lixívia não reciclada* é um *desperdício* que pode ser emitido sob a forma *residual líquida* (efluente) podendo *contaminar as águas* de rios, lagos e mares através de substâncias em *suspensão* e *dissolvidas* no efluente.

FREITAS DA SILVA (1963) calculava, em meados da década de sessenta, que 1 tonelada de pasta celulósica kraft seca necessitava de 2,4 toneladas de madeira e 0,150 toneladas de sulfato de sódio.

---

<sup>1</sup> LOPEZ, T. (1980), *Estudo del funcionamiento de una planta depuradora frente a los vertidos transitorios de efluentes de fabricas de pasta al sulfato*, Tesis presentada en la Escola Tecnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa, de la Universidad Politecnica de Barcelona

<sup>2</sup> QUEIROZ, M. ( ), *Protecção do Ambiente na Indústria de Celulose*,

Por outro lado, LOPEZ (1980) calculava <sup>1</sup> que o volume total de água, necessário às diversas etapas do processo produtivo ao sulfato, podia ser contabilizado, no máximo, em 347m<sup>3</sup>=347000l por cada tonelada de pasta seca; e que, por cada litro de água utilizado, poderia obter-se, entre outras coisas, um máximo de 420mg de *substâncias em suspensão*.

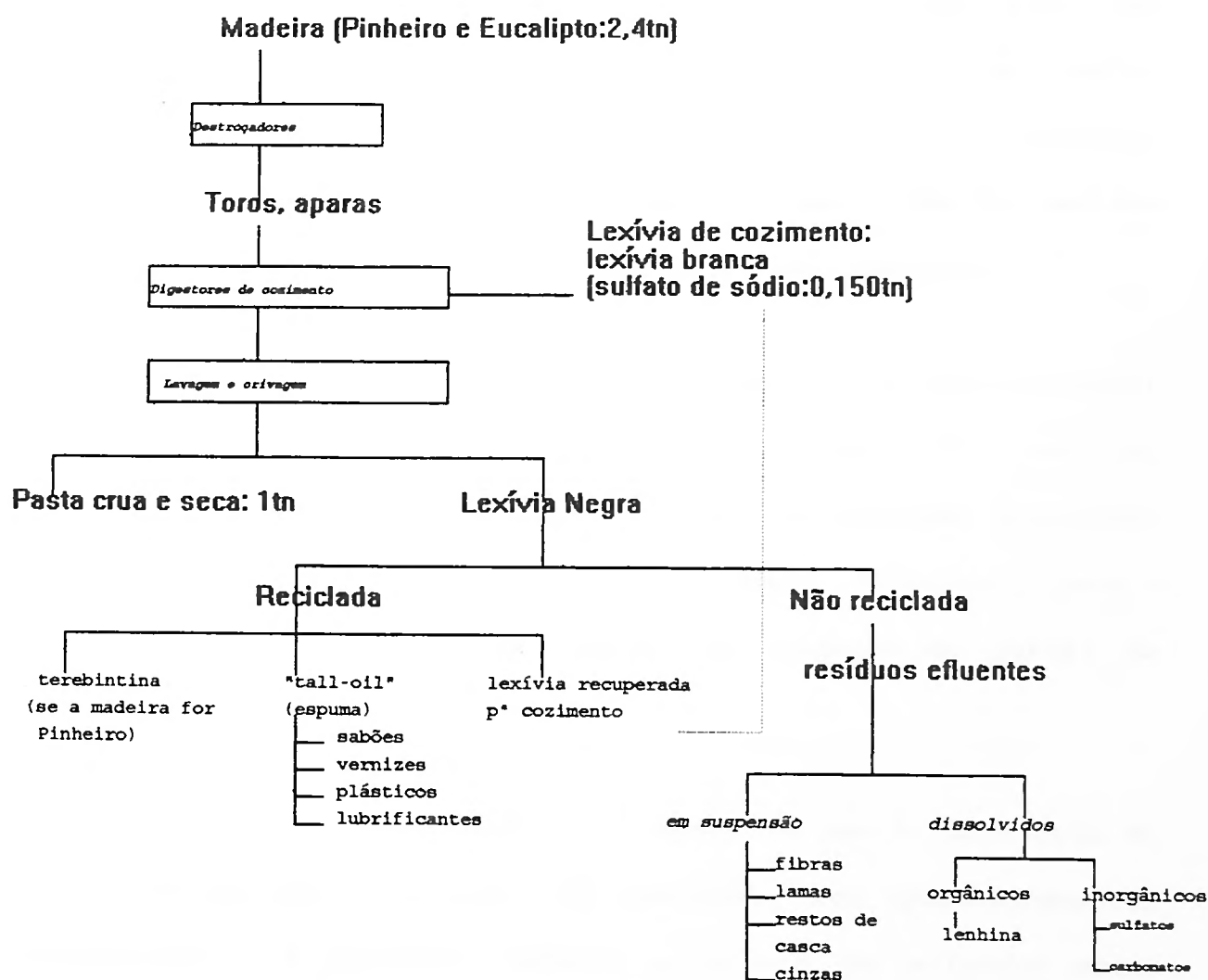


Fig.I.6 - Diagrama da descrição resumida da produção de pasta celulósica pelo método "kraft"

<sup>1</sup> LOPEZ, T. (1980), op. cit., 12 a 20

Daí o podermos dizer que a quantidade de resíduos produzidos sob a forma de *substâncias em suspensão* ser cerca de  $0,146\text{tn}^1$  por cada tonelada de pasta seca produzida, ou seja  $e_1 = 0,146 * q_1$  como vem representado na Fig.I.5 em que o declive da recta é  $\frac{\partial e_1}{\partial q_1} = 0,146$ .

A expressão  $e_1 = 0,146 * q_1$  pressupõe um uso médio de  $347\text{m}^3$  de água para a totalidade das fases de fabrico da pasta e que o volume de resíduos não reciclados se mantenha invariável. Mas isto não corresponde à realidade, por exemplo, da fábrica de Cacia; concretamente nesta unidade fabril, e em relação aos efluentes, "...foi iniciado em 1978 um plano para a realização de medidas internas destinadas à redução do caudal e da carga poluente..."<sup>2</sup>.

Por efeito desse tratamento residual, e entre 1978 e 1984, o caudal de água diminuía de, respectivamente,  $316,0$  para  $152,1 \text{ m}^3$  por tonelada<sup>3</sup>; também as quantidades de sólidos em suspensão diminuiam, para o mesmo período, de  $760,8\text{mg/l}$  para  $214,8\text{mg/l}$ . No entanto, para o período referido "...houve um aumento de produção de pastas de  $75\%$ ..."<sup>4</sup>.

Por isso, a Fig.I.5 só se aplicará a casos em que a *tecnologia* de fabrico se mantenha invariável. Na realidade, com aperfeiçoamentos tecnológicos, é possível reduzir os níveis de efluente mesmo aumentando a produção.

<sup>1</sup>  $145740000\text{mg} = 347000 \text{ l} \times 420\text{mg}$

<sup>2</sup> MARNOTO, H., VINAGREIRO, J., e LEMOS, J. (1985), op.cit., 177

<sup>3</sup> MARNOTO, H., VINAGREIRO, J., e LEMOS, J. (1985), op.cit., 200 e 201

<sup>4</sup> MARNOTO, H., VINAGREIRO, J., e LEMOS, J. (1985), op.cit., 186

## (2) A qualidade dos resíduos

A existência de *resíduos orgânicos* e *inorgânicos* associados à *lixívia negra* chama a atenção para a *qualidade* dos *resíduos* resultantes da actividade humana.

ODUM (1971) considera *dois tipos* fundamentais de *resíduos*: os *biodegradáveis* e os *não degradáveis*<sup>1</sup>.

Os *resíduos biodegradáveis* são, essencialmente, constituídos por *substâncias orgânicas* e, também, por *formas de energia* como o calor e o ruído; são *resíduos* que podem ser *decompostos* ou dissipados com maior ou menor rapidez. São deste tipo os *resíduos* não só das indústrias de *pasta celulósica* (lenhina e carbo-hidratos), mas também das indústrias de papel e alimentares bem como os detritos orgânicos domésticos.

A decomposição dos *resíduos orgânicos* é feita por elementos biológicos existentes no meio onde os *resíduos* são lançados. "...bactérias primárias decompõem esses *resíduos* nos seus constituintes inorgânicos - azoto, fósforo e carbono que são nutrientes básicos para as plantas."<sup>2</sup> Esta decomposição é idêntica à existente, numa situação não poluente, quando numa qualquer floresta, árvores mortas são decompostas por microorganismos.

No entanto, a *qualidade* de *resíduos orgânicos*, descarregados como resultado da actividade humana, não causaria problemas de maior se a *quantidade* desses *resíduos* não excedesse um determinado montante -

---

<sup>1</sup> ODUM, E., (1971), *Fundamentos de Ecologia*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 4ª edição, 685

<sup>2</sup> KNEESE, A. (1977), *Economics and the Environment*, New York, Penguin Books, 42

aquele abaixo do qual o meio receptor tem capacidade para se *autodepurar*.

Se o volume de resíduos orgânicos ultrapassar esse limiar de autodepuração os *resíduos tornam-se poluentes*. Dum modo geral "surgem problemas com a poluição de tipo degradável quando a entrada no ambiente excede a capacidade de decomposição ou de dispersão."<sup>1</sup>

Para além de resíduos biodegradáveis existem resíduos não degradáveis que são "...os materiais e os venenos que ou não se degradam ou apenas o fazem muito lentamente no ambiente natural, como, por exemplo, as embalagens de alumínio, os sais de mercúrio, as substâncias químicas fenólicas de cadeia longa e o DDT..."<sup>2</sup> . São, essencialmente, constituídos por *compostos inorgânicos* ou, então, por *substâncias orgânicas de síntese* (como os fenóis e o DDT). Enquanto sobre os primeiros a acção de decomposição - feita pelos microorganismos - é perfeitamente impossível, já sobre os compostos orgânicos de síntese essa acção, embora muito lenta, é possível a um prazo muito longo. KNEESE (1977)<sup>3</sup> considera, por isso, estas últimas substâncias como tendo um efeito *persistente* sobre o ambiente.

No caso deste tipo de resíduos, não degradáveis, o seu escoamento, independentemente da quantidade, torna-se imediatamente poluente. No caso da indústria de celulose, os sulfatos, carbonatos e cloretos, provenientes das operações de cozimento e branqueamento<sup>4</sup> são os elementos minerais que podem poluir. Na fábrica de Cacia podem

---

<sup>1</sup> ODUM, E. (1971), op. cit., 689

<sup>2</sup> ODUM, E. (1971), op. cit., 688

<sup>3</sup> KNEESE, A. (1977), op. cit., 46

<sup>4</sup> MARNOTO, H., VINAGREIRO, J. e LEMOS, J. (1985), op.cit, 179

ocorrer, também, "...vestígios de metais pesados ou tóxicos..."<sup>1</sup>, como o *mercúrio*, provenientes da soda cáustica adquirida no mercado.

O *destino final* dos resíduos não reciclados, uma vez que não são desejados, é o *espaço terrestre*. Tem sido assim com os resíduos orgânicos desde a pré-história.

O *escoamento* ou *descarga* dos resíduos para o *espaço terrestre* eram uma *necessidade vital* para o próprio homem. Mas essas quantidades de resíduos orgânicos não eram significativas; com excepção dos locais bastante povoados, esses resíduos pouco perturbavam o ambiente natural e a vida do próprio homem; com efeito,

...a civilização agrária não modificou de modo irreversível o ciclo da matéria e o fluxo de energia na biosfera, podendo mesmo nós afirmar que o *ecossistema humano*, nesta forma de *Sociedade* [a agrária], se integra no conjunto dos *fenómenos ecológicos naturais*.<sup>2</sup>

Todo o *lixo orgânico* produzido ("...as cinzas das queimadas, os detritos caseiros, as *dejecções* dos rebanhos, os *estrumes humanos*..."<sup>3</sup>) seria, se não fosse produzido em grandes quantidades, facilmente *decomposto* pelas bactérias e *integrado* no ciclo bioquímico da natureza.

Mas a situação altera-se radicalmente com a civilização nascida da Revolução Industrial. São as *substâncias orgânicas de síntese*, de tão difícil decomposição, que não existiam antes. É o aumento considerável da *capacidade produtiva* para fornecer mercados; é - a partir do *crescimento demográfico*, do *desenvolvimento urbano* e do

<sup>1</sup> QUEIRÓZ, M. (1985), op. cit., 168

<sup>2</sup> RAMADE, F. (1989), *Elements d'écologie-écologie appliquée*, Paris, McGraw-Hill, 4e édition, 21

<sup>3</sup> ISNARD, H. (1982), *O espaço Geográfico*, Coimbra, Livraria Almedina, 207

*crescimento* desses mercados - o consumo em larga escala de produtos transformados. Todos esses fenómenos, originados pela Revolução Industrial, estão na base não só de aumentos consideráveis da *quantidade* como também da *alteração qualitativa* dos resíduos poluentes.

### (3) O espaço dos resíduos

A *expulsão* ou *descarga* dos resíduos associado à produção de pasta celulósica no distrito de Aveiro tem origem em lugares com *localização* bem *precisa* ("point source"): as fábricas de Cacia e do Caima.

Depois, a *expansão* ou *difusão* dos resíduos, através do *espaço terrestre*, tem um impacto de características regionais confinando-se, os resíduos líquidos, à parte terminal da rede hidrográfica do Vouga e, os resíduos gasosos, à massa de ar que envolve as duas unidades fabris estendendo-se, preferencialmente, na direcção do rumo dos ventos; assim, a cidade de Aveiro é particularmente sensível aos cheiros dos resíduos gasosos da fábrica de Cacia quando o vento é proveniente de nordeste (NE).

Dum modo geral, é sempre através dos ambientes líquido (*hidrosfera*), gasoso (*atmosfera*) e até sólido (*litosfera*) - o *biótopo* ou parte *inorgânica* ou *mineral* do espaço terrestre - que se faz o escoamento dos resíduos não reciclados.

Mas o *biótopo* não é um *sistema* que esteja isolado na natureza. Ele constitui "...o suporte e a fonte de energia da biocenose"<sup>1</sup>. A *biocenose* é, por sua vez, um outro *sistema*; é a "...a parte viva e

<sup>1</sup>DEMANGEOT, J. (1984), *Les milieux "naturels" du globe*, Paris, Masson, 10



orgânica..."<sup>1</sup> do espaço terrestre; é um sistema que "...não está simplesmente sobreposto ao sistema biótopo; ele está ligado por um conjunto de conexões extremamente complicadas que constituem por seu lado, e a um nível superior, um novo sistema: o ecossistema..."<sup>2</sup> .

Os *resíduos* dessa actividade industrial produtora de pasta celulósica podem, assim, causar *perturbações* no conjunto dos sistemas que formam o espaço terrestre da região. E se o grau de perturbação for tal que se registe

...uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas do ar, do solo e da água que podem afectar, ou afectarão, prejudicialmente a vida do homem ou a de espécies desejáveis, os nossos processos industriais, condições de vida e património cultural; ou que pode, ou poderá, malbaratar ou deteriorar os nossos recursos em matérias-primas...<sup>3</sup>

então estaremos perante o fenómeno da *poluição*.

A poluição afecta, pois, não só os recursos inorgânicos do espaço terrestre como também a vida que deles depende, incluindo a própria actividade do homem.

No caso concreto da poluição provocada pelas fábricas de Cacia e Caima existe, observado pelos agricultores e registado pela Hidráulica do Mondego e pela Direcção-Geral do Ambiente e até pela própria empresa de Cacia, a alteração das características físicas, químicas e biológicas das águas do Baixo-Vouga. E essa alteração das águas do rio Vouga está na base da impossibilidade de essas águas

---

<sup>1</sup> DEMANGEOT, J. (1984), *ibidem*

<sup>2</sup> DEMANGEOT, J. (1984), *op. cit.*, 10

<sup>3</sup> Extracto da Introdução a "Waste Management and Control, um relatório do Committee on Pollution, National Academy of Sciences", 1966, citado por ODUM (1971), *op. cit.*, 685

servirem como factor produtivo para alguns produtos agrícolas e estarem na eventual origem da diminuição na produção de arroz na região.

Os testemunhos e as observações acima descritas pela Direcção-Geral do Ambiente e pelos agricultores, analisadas pela Hidráulica do Mondego e admitidas pela própria Portucel levam-nos a sintetizar o seguinte:

1°- existem actividades industriais poluidoras, e em especial a indústria de celulose, localizadas na *Bacia do rio Vouga*;

2°- os efeitos dessa poluição fazem-se sentir, com especial importância, no curso do *rio Vouga* compreendido entre a confluência do *Caima* e a parte terminal desse rio junto à *Ria de Aveiro*;

3°- essa poluição altera substancialmente a *qualidade das águas* nesse percurso da rede hidrográfica;

4°- existem actividades, a *orizicultura* por exemplo, que necessitam de utilizar as *águas* do *rio Vouga* como *factor de produção*; porque as águas ficam poluídas e a sua *qualidade alterada*, os orizicultores,

a) veêm, por via da diminuição do *poder germinativo* das sementes, *diminuída ou anulada a granação* do arroz

b) e, em casos extremos, têm *abandonado* pura e simplesmente a própria *sementeira* desse cereal.

5°- que uma das unidades industriais poluidoras, a *Portucel de Cacia*, ao queixar-se da qualidade da água que lhe chega de montante,

a) prova, por um lado, que dos efeitos da poluição sobre a produção de arroz não se deve exclusivamente à fábrica de Cacia;

b) e, por outro, que a própria Portucel, sendo vítima da poluição da água do Vouga, tem custos adicionais involuntários na sua laboração.

É a força desses quatro pontos primeiros que nos leva a avançar com a hipótese de ser a *produção de celulose no distrito de Aveiro* uma das causas que pode explicar a *evolução da produção de arroz no concelho de Aveiro*.

## 2. A TEORIA QUE PODE SUSTENTAR A HIPÓTESE EXPLICATIVA

### a) A poluição e o consumo de recursos naturais

O uso e a poluição sistemática por parte das empresas produtoras de celulose da Bacia do Vouga, ao alterarem a *qualidade* das águas do rio Vouga, diminuem a *quantidade* desse *recurso natural* à disposição dos orizicultores. Esse recurso torna-se, por isso, *escasso* e o seu uso alternativo *conflituoso*.

A possibilidade dum consumo exaustivo de recursos naturais devem merecer, por parte de quem os usa, a sua *valorização*. Contudo isso nem sempre é possível. Vamos analisar esta situação com mais pormenor.

(1) A exaustão dos recursos naturais

A *natureza* produz e disponibiliza *recursos* que o homem aproveita para satisfazer as suas necessidades.

Esses *recursos naturais* são variados e cada um deles, na *qualidade* que o distingue dos outros, existe em maior ou menor *quantidade* no *espaço* terrestre.

A *qualidade*, a *quantidade* e o *espaço* são *dimensões* importantes na caracterização dos recursos naturais<sup>1</sup>. Mas também a *dimensão tempo* é necessária à elaboração natural do recurso.

Se relacionarmos essas variáveis dimensionais entre si é possível distinguir as *duas* principais *formas* apresentadas pelos recursos naturais.

Se a *quantidade* do recurso não for reproduzida pela natureza, num *tempo* medido à escala humana, então o recurso é *não renovável*. E torna-se claro que este tipo de recursos tende, se consumido a *taxas elevadas*, para a *exaustão*. É o caso dos hidrocarbonetos fossilizados no subsolo para os quais foram necessários milhões de anos para que a natureza os pudesse produzir.

Por outro lado, para outros recursos, basta um tempo diminuto, mesmo à escala humana, para que o seu volume seja reproduzido naturalmente. Por exemplo, umas escassas horas de precipitação podem ser suficientes para engrossar, substancialmente, o caudal dum *curso de água*. São recursos *renováveis*. Em princípio não há problemas com o

---

<sup>1</sup> Ver RANDALL, A. (1987), op. cit., 12

consumo de recursos com estas características; a quantidade pode ser de tal modo considerável, e permanentemente renovada, que os referidos recursos podem ser, em termos económicos, considerados bens livres. Mas, se o consumo humano for feito a uma taxa superior à de reprodução natural então, tal como acontece com os não renováveis, a quantidade do recurso não pode ser mantida em equilíbrio e também, aqui, o fenómeno da *exaustão* estará presente. E mais: mesmo que haja equilíbrio entre a *quantidade* consumida e reproduzida, em algumas áreas de *localização* do recurso, a *qualidade* do mesmo pode ser de tal modo afectada que o recurso se torne, aí, igualmente escasso; será o caso do *rio Vouga, poluído*, na sua parte terminal.

A escassez é, pois, um fenómeno que pode estar presente quando o homem consome recursos naturais. "Um recurso é escasso quando tem utilidade (isto é pode satisfazer uma utilidade) e ao mesmo tempo não está disponível, sem esforço, para a satisfação dessa necessidade."<sup>1</sup>

Uma porção de um determinado recurso escasso, no momento em que é empregue por um agente económico, poderia ter um *uso alternativo*. Quando o recurso é *escasso* é avidamente disputado e há um *custo de oportunidade* na sua utilização.

O problema da *escassez* dos recursos naturais torna a sua gestão num caso mais complicado que uma mera gestão ambiental. O problema exige, também, a intervenção da *economia*.

---

<sup>1</sup> COTTRELL, A. (1987), *Environmental Economics: an Introduction for Students of the Resource and Environmental Sciences*, London, Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1

## (2) A valorização dos recursos naturais

Os recursos naturais escassos devem ser valorizados monetariamente; devem ter um *preço*<sup>1</sup>. Mas o que acontece, frequentemente, é que alguns dos recursos naturais escassos *não* têm um *mercado* onde possam ser transaccionados e cotados.

Podem existir algumas *razões* que expliquem porque, para alguns recursos naturais, haja *falhas* no mecanismo de *mercado*.

Por um lado, existem bens e recursos que se caracterizam pela *indefinição* ou mesmo *ausência de direitos* de propriedade. Se esses recursos a *ninguém* pertencerem então ninguém terá o *exclusivo direito* da sua *propriedade*. Se não há o exclusivo direito da sua propriedade não haverá ninguém com "...o direito a usar e a determinar quem...mais poderá usar e em que condições."<sup>2</sup>

A capacidade de usar e transferir direitos é a condição básica para que haja trocas. Com efeito, "...a característica fundamental do comércio é a transferência de direitos mais do que a transferência ou remoção física de coisas."<sup>3</sup> Ora, é precisamente a *incapacidade* de alguns recursos naturais terem *uso exclusivo* que impede que eles sejam objecto de troca e, conseqüentemente, tenham um *preço* estabelecido pelo *mercado*.

No caso do consumo de alguns recursos naturais como as águas dum rio, a *não exclusividade* dos direitos de propriedade deve-se, mais do que por *razões culturais e políticas*, às *características físicas* específicas dos referidos recursos.

---

<sup>1</sup> Ver COTTRELL, A. (1987), op. cit., 2

<sup>2</sup> RANDALL, A. (1987), op. cit., 155

<sup>3</sup> RANDALL, A. (1987), op. cit., 156

Para além da não exclusividade existem bens e recursos que têm a particularidade de serem consumidos *sem rivalidade*, isto é, bens e recursos em que "...não é necessário dividir a quantidade total... entre os vários consumidores. Cada [consumidor] tem efectivamente acesso à quantidade total do bem."<sup>1</sup> Mas isso não significa que essa quantidade total seja a efectivamente desejada por cada um deles.

Enquanto no *consumo rival* cada consumidor, em face dos eventuais preços de mercado, define bem a *quantidade* que quer consumir, no *consumo não rival* ele não expressa as quantidades desejadas - uma vez que à partida, ele tem à sua disposição a *totalidade do recurso*. Nem tão pouco pode expressar o benefício marginal individual que retira desse consumo total - que, concerteza, é diferente do de outros consumidores.

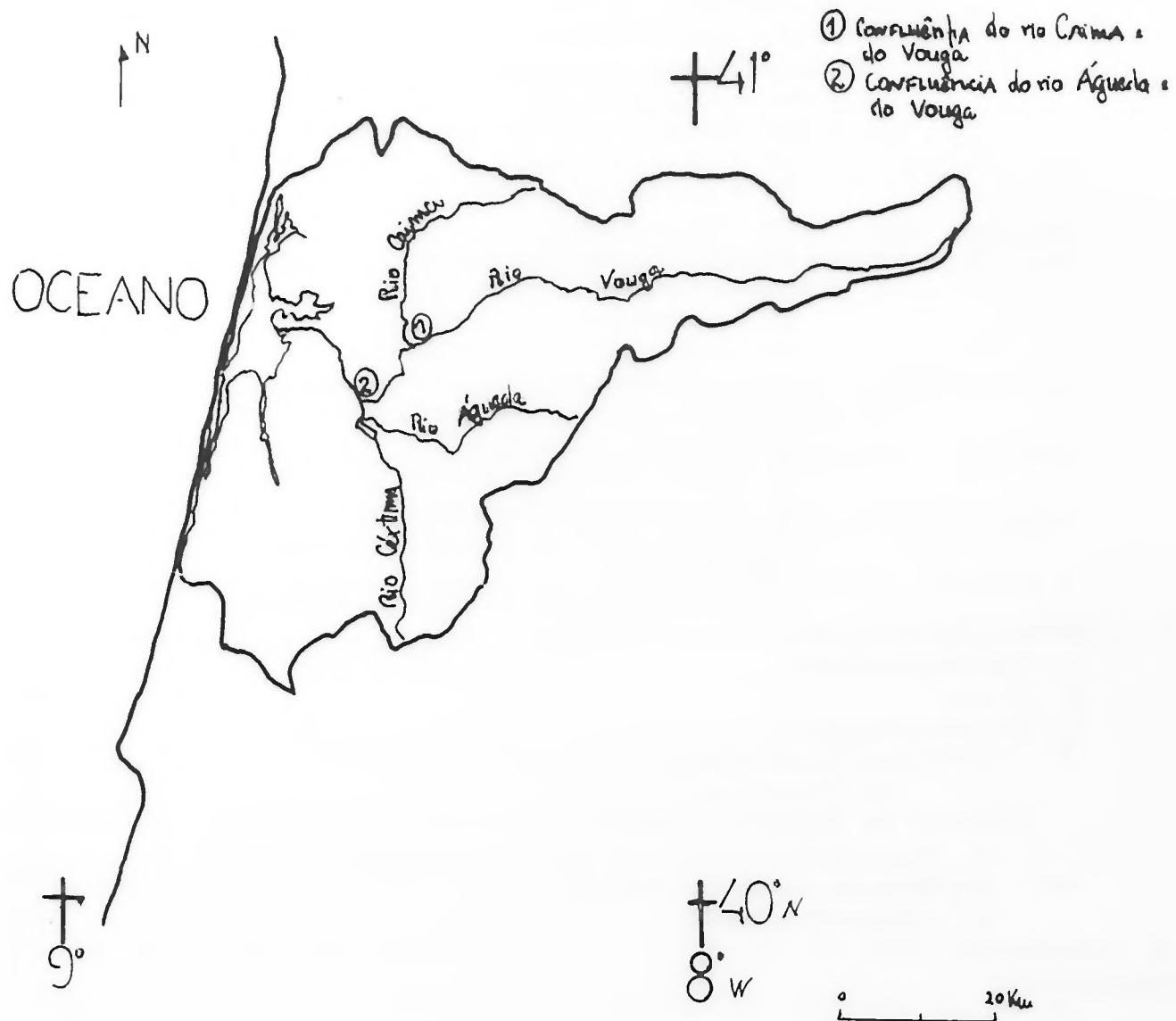
Uma vez que, nem as quantidades nem os benefícios marginais são correctamente expressos pelos consumidores, não existe, no mercado, *informação perfeita* do lado da procura. A curva da procura não é formalizada (tendo em atenção o desejo eficiente dos consumidores em igualarem o benefício marginal que retiram do consumo ao respectivo custo) e não se estabelece um *preço eficiente* para o bem ou para o recurso - um preço que resulte da igualdade entre a procura e a oferta<sup>2</sup>. Por isso, a única quantidade que se sabe ser transaccionada é aquela disponibilizada pela oferta e que está, na sua totalidade, à

---

<sup>1</sup>RANDALL, A. (1987, op. cit., 169

<sup>2</sup> Para além duma *perfeita informação*, para compradores e vendedores, do preço existente no mercado, a concorrência perfeita exige a *homogeneidade* do produto transaccionado, o *atomismo* de compradores e vendedores e a *livre entrada e saída* do mercado por parte dos agentes económicos.

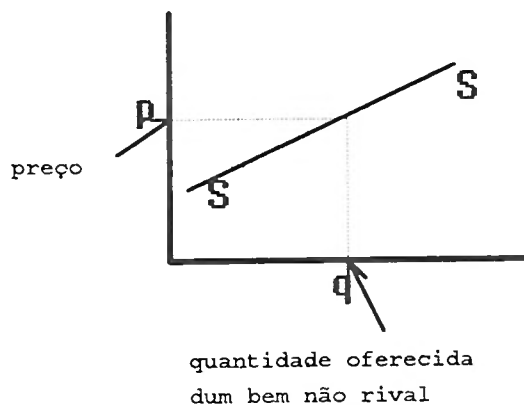
# BACIA HIDROGRÁFICA do VOUGA



fonte: Comissão Nacional do Ambiente  
PORTUGAL - Atlas do Ambiente  
Carta da hidrografia continental -  
Principais Bacias Hidrográficas



disposição de cada consumidor <sup>1</sup>, conforme se pode ver através do gráfico na fig.I.7.



**Fig.I.7- A oferta dum bem ou serviço não rival não encontra formalizada uma procura que tenha em conta os desejos dos consumidores**

Alguns bens e recursos de propriedade *não exclusiva* também têm um consumo *não rival*. São exemplo disso a vacinação gratuita e, no caso do consumo de recursos naturais, o usufruto de um banho numa qualquer praia não concessionada; o banhista deixa, para os outros, intactas a qualidade e a quantidade de água do mar.

Também um rio é um recurso natural de uso privado *não exclusivo*. É um espaço de *propriedade pública* ou *comum*<sup>2</sup> conforme o estipula o Decreto-Lei 70/90 de 2 de Maio e já antes o estipulava o Decreto, com força de Lei ("Lei das Águas"), n°5787-4I de 10 de Maio de 1919 (artigo 1°, n°s 1 e 2) bem como o Decreto-Lei n°53/74 de 15 de Fevereiro.

A utilização dessas águas públicas é feita sem qualquer remuneração. Com efeito, o art°5° da Lei das Águas de 1919 estipula que as correntes de água pública "...a todos é permitido usar, para os fins a que por sua natureza são destinadas...".

<sup>1</sup> Ver MUSGRAVE, R. e MUSGRAVE, P. (1989), *Public Finance in Theory and Practice*, McGraw-Hill International Editions, 5th ed., 45/46.

<sup>2</sup> Ver KNEESE, (1977), *op. cit.*, 434

Assim,

os estabelecimentos industriais localizados na proximidade das correntes e depósitos de águas públicas poderão, com licença da autoridade ou corporação que superintender nas respectivas águas, aproveitar as que necessitarem para o seu uso industrial, sob condição de não alterarem ou corromperem as que não consomem e que têm de voltar à corrente, comunicando-lhes propriedades e substâncias que as tornem insalubres e inúteis ou prejudiciais àqueles que igualmente têm direito ao seu uso.<sup>1</sup>

Paralelamente à disponibilidade *não exclusiva*, as autoridades públicas assumem a preocupação em deixar incólume a qualidade do recurso; isso prende-se com a característica *não rival* que o mesmo deveria ter. O uso do recurso por parte dum agente económico não pode afectar o uso por parte de outrem.

Se alguns bens e recursos naturais *não rivais* são, também, *não exclusivos* outros existem que, a par da não rivalidade, são, por outro lado, *exclusivos*. Por exemplo, uma visita, com fins turísticos, a uma gruta - modelada em material calcário - pode ser, para os turistas, um consumo *exclusivo* se os ingressos se fizerem mediante um pagamento; no entanto, esse consumo é *irrival*: todos os turistas pagantes têm a possibilidade de observar a *totalidade* das estalagmites e estalactites existentes; ou seja, aquilo que cada um observa não é deduzido do conjunto e pode ser observado por todos.

Os bens e os recursos *não rivais*, quer de propriedade *exclusiva* quer de propriedade *não exclusiva*, são considerados como pertencendo ao domínio do *uso público*.

---

<sup>1</sup> Artº 21 do Decreto 5787

No entanto, podemos considerar que o domínio do uso público não se esgota só com consumos irrivais, exclusivos ou não; por exemplo as *águas pesqueiras* não podem ser reinvidicadas para uso exclusivo duma frota de pesca duma determinada empresa. Contudo, nessas águas de uso *não exclusivo*, existe uma intensa *rivalidade* na captura das espécies piscícolas. A actividade da frota não deixa a totalidade do recurso indiferente e pode afectar seriamente as capturas de outrem, podendo mesmo levar à extinção do recurso. Não sendo pago qualquer preço pelo uso das águas do mar, não existe qualquer sinal<sup>1</sup> que leve ao racionamento do recurso entre os consumidores e assinale, assim, uma eventual escassez dos mesmos. Daí a *sobreexploração* do recurso.

Tem a mesma base de argumentação o problema ocorrido no Baixo-Vouga. Se às fábricas do Caima e Cacia a lei permite o uso das águas da rede hidrográfica já, contudo, não lhes permite que, com o escoamento dos seus resíduos poluentes, elas alterem a qualidade das mesmas águas; e uma das razões porque isso acontece é por nada pagarem por esse consumo.

Essas fábricas tornam-se agentes económicos poluidores que, afectando a qualidade do recurso, *impedem* que outros consumidores, conforme está previsto na lei, desfrutem integralmente do mesmo recurso. O consumo, por isso, torna-se *rival*. Como consequência, a existência da rivalidade no consumo desse recurso rompe com as características de uso público que as autoridades se esforçam, no campo da doutrina, por manter.

---

<sup>1</sup> Nos recursos naturais para os quais existe mercado "...o mecanismo dos preços tende a corrigir o problema da escassez estimulando a descoberta e a exploração de recursos, desecorajando o consumo, e estimulando a conservação, a reciclagem, e a produção de substitutos..." [ RANDALL, A. (1987), op. cit., 56]

O rio Vouga, para além de ser procurado como *espaço de descarga de resíduos poluentes*, também é, *alternativamente*, procurado como *factor produtivo*. Os empresários agrícolas do Baixo-Vouga necessitam da água do rio para produzir arroz; os orizicultores comportam-se como "proprietários marginais" ao rio pois "...poderão montar livremente bombas, ou qualquer outro aparelho braçal ou de motor animal, para extrair água destinada à rega dos seus prédios, sempre que daí não resultem prejuízos à navegação ou à flutuação"<sup>1</sup>. Mais uma vez existe a preocupação, por parte do legislador, do utilizador da água não prejudicar a acção de outrem.

Se para o Estado a preocupação em preservar intacta a qualidade da água é doutrinária, para os agricultores a manutenção dessa qualidade é quase vital.

Para os empresários poluidores a qualidade do recurso, se não tiver implicações na sua estrutura produtiva,<sup>2</sup> é um fenómeno meramente secundário mesmo que o montante da coima a pagar ao Estado - por terem infringido a Lei - compensar os custos que teriam, para as empresas, em reciclar ou tratar os resíduos. Num caso como este, muito embora a propriedade do recurso esteja bem definida, a *execução da lei* ("enforcement"<sup>3</sup>) é *imperfeita*.

Mas também pode ser a *execução da lei* a não existir. O Estado pode não ser sensível à degradação quantitativa e qualitativa dos recursos naturais e alhear-se das violações cometidas; ou, sendo sensível, tem

---

<sup>1</sup> Artº14 do Decreto 5787

<sup>2</sup> Como é o caso da "vulnerabilidade da Portucel à qualidade da água" que capta a montante da sua descarga poluidora[ver QUEIROZ, M.(1985), op. cit., 170

<sup>3</sup> Ver RANDALL (1987), op. cit., 157

dificuldade em descobrir os violadores ou aplicar-lhes as devidas penalizações.

De qualquer modo, seja porque a execução da lei não se faz ou porque é imperfeita, os *direitos de propriedade* da coisa pública tornam-se *atenuados* ou *indefinidos* originando, na prática, a *não exclusividade*, e permitindo, por isso, o *uso rival* dessa coisa pública. É isso o que acontece sobre as águas do rio Vouga: porque os direitos de propriedade sobre as referidas águas são indefinidos, ambos os utilizadores se julgam com direitos: *os orizicultores*, de utilizar o rio com a qualidade das águas intacta; *as indústrias de celulose*, de poluir.

Numa *economia de mercado* qualquer recurso que seja *escasso*, de uso *alternativo* e *rival*, necessita de ser *exclusivo*. Quando isso acontece, o mercado, em princípio, não falha e o sistema de preços regulariza o seu uso.

Mas se o recurso *não* for, legalmente, *exclusivo*, (o que acontece com alguns recursos naturais) e continuar a ter *uso alternativo* e *rival*, a escassez - por via da qualidade, na *poluição*, ou através da quantidade, na *sobreexploração* - com dificuldade se resolve; pelo menos através do mercado.

Em linguagem figurativa, é como se o espaço ambiente, onde se localizam esses recursos económicos não exclusivos mas rivais, fosse um subterrâneo do sistema económico onde os problemas de escassez e de uso alternativo não sejam regularizados pelo mercado.

Neste caso, em que existem poluições e sobreexplorações dos recursos naturais, o domínio da não exclusividade deve ser alargado de modo a poder conter também a rivalidade, tal como é mostrado na Fig.I.8. Essa figura representa um diagrama de Venn no qual o domínio da não exclusividade (limitado à esquerda por uma linha a tracejado) está contido na não rivalidade (limitado por traços a cheio).

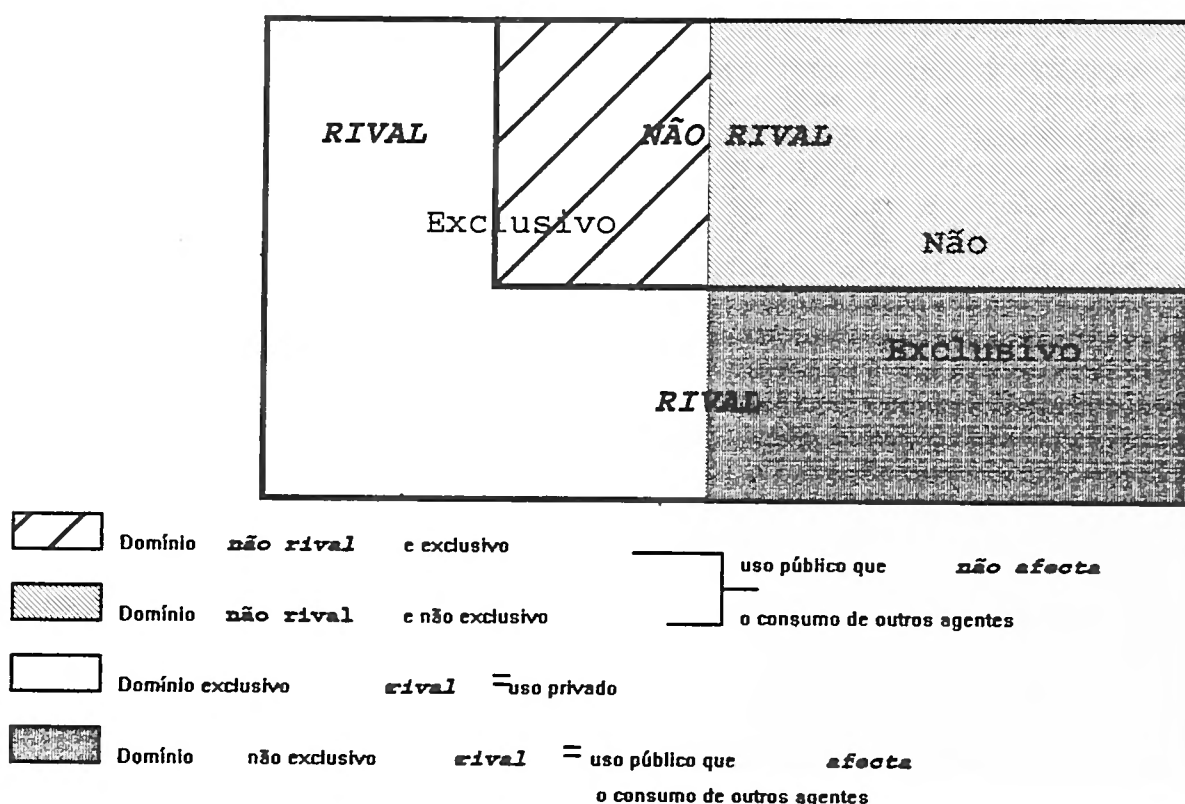


Fig.I.8- A existência de fenómenos como a poluição e a sobreexploração dos recursos naturais torna, também, rival parte do domínio da não exclusividade

A admissibilidade da não exclusividade poder ser rival é admitida, entre outros autores, por MUSGRAVE (1989)<sup>1</sup>. Não é essa, contudo, a posição de RIBEIRO (1991); para este autor "...os bens cujo consumo é inexcluível são [pela sua própria natureza] bens cujo consumo é irrival ..."<sup>2</sup>. Esse autor sustenta, também, que a existir

<sup>1</sup> MUSGRAVE, R. e MUSGRAVE, P. (1989), op.cit., 43/44

<sup>2</sup> RIBEIRO, T. (1991), *Lições de Finanças Públicas*, 4ª edição, Coimbra, Coimbra Editora, Lda., 21

rivalidade no consumo a exclusão é possível- embora dispendiosa e inconveniente <sup>1</sup> .

Esta posição, muito discutível, pode ser observada diagramaticamente através da figura I.9. Nessa figura pode ser observado que o domínio da não exclusividade ( limitado à esquerda por uma linha a tracejado) está contido, inteiramente, na não rivalidade (limitado por traços a cheio). Mas também pode ser observado que o contrário - ou seja, a não rivalidade ser só não exclusiva - não é um juízo verdadeiro; com efeito, a não rivalidade, como vimos, também pode ser exclusiva.

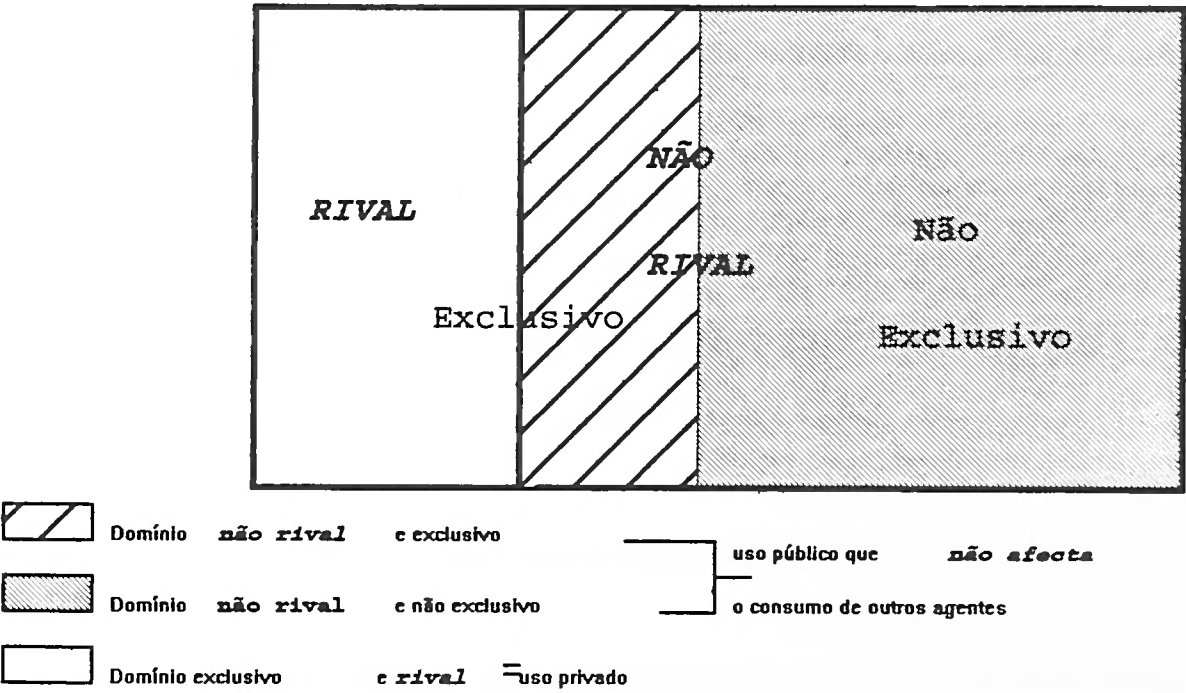


Fig.I.9- A hipótese de a não exclusividade se inserida só na não rivalidade

A posição de RIBEIRO é, na nossa opinião, muito discutível; ela não se torna receptiva à delimitação que é necessário fazer, no campo teórico, para que se possam registar os fenómenos da poluição e sobreexploração dos recursos naturais. Estes dois fenómenos têm lugar

<sup>1</sup> RIBEIRO, T. (1991), ibidem

em espaços *não exclusivos* e existem porque a *rivalidade* está presente.

Não admitir, como RIBEIRO o faz, que um bem de uso não exclusivo seja também rival é admitir que não exista, por exemplo, poluição de recursos naturais. Isto é negar um facto. Ou então, admitindo-o, está subjacente que ele pode ser resolvido através da *possibilidade*, embora dispendiosa e inconveniente, de um bem de consumo rival poder sempre tornar-se de uso exclusivo.

No caso da poluição das águas do rio Vouga, a solução, segundo essa óptica, passaria por tornar *exclusivo* o consumo *rival* das águas do rio. Isso seria admitir que as águas do referido rio se tornassem num *bem privado* (pertencente às empresas poluidoras), que o *mercado* fosse restabelecido e que, muito embora a poluição se mantivesse, a produção de celulose não afectaria a produção de arroz porque esta, *legalmente*, deixaria de ter lugar. O abandono<sup>1</sup> da produção seria motivado porque, simplesmente, os orizicultores deixariam de ter direitos sobre a água. Será isso *possível*?

Pelo contrário, e porque os agricultores continuam a ter direitos sobre as águas, a solução será manter *público* o *uso* das águas do rio e reduzir os níveis de poluição. E, para que isso aconteça, , a par da *não exclusividade*, é necessário que esse consumo se torne o mais *irrival* que for possível.

De qualquer modo, a raiz de fenómenos como a poluição é devida à falência do mercado; eles surgem porque existem dificuldades em

---

<sup>1</sup> Ou, mantendo-se a produção de arroz, os orizicultores teriam de pagar uma *renda* pela utilização das águas do rio e, se quisessem que essas águas tivessem um mínimo de qualidade, teriam de *compensar* os industriais para que eles *poluissem menos*.



valorizar, através do mercado, o problema de uso alternativo dum recurso escasso. Isso levou alguns economistas a tentar reformular o paradigma tradicional da ciência económica.

### (3) A valorização e a alteração paradigmática

Contra a *abordagem tradicional* da economia, a que valoriza os bens e serviços através do *mercado*, certos autores - AYRES (1978)<sup>1</sup> e MALER (1974)<sup>2</sup> - propõem uma *reformulação paradigmática* da teoria económica argumentando que o ambiente e certos recursos naturais, mesmo não sendo objecto de transacção monetária, não são desprovidos de valor<sup>3</sup>.

Se, *a priori*, não se pode valorizar, através do *mercado* e *monetariamente*, os recursos naturais é possível, com a ajuda de leis físicas, valorizar, *energicamente*, os mesmos recursos.

Enquanto "o paradigma tradicional da economia diz que ela é constituída como um conjunto de relações entre produção, investimento e consumo expressos em termos monetários..."<sup>4</sup> AYRES propõe um paradigma mais geral "...no qual a economia é vista como um conjunto de transformações de matéria processadas desde a extracção no estado bruto até aos produtos e serviços que finalizam como resíduos (os quais podem ou não ser reciclados)"<sup>5</sup>.

A visão tradicional da economia apresenta o ambiente como um dado, um factor exógeno que o modelo económico, por vezes, não pode resolver. "O ponto de vista convencional vê o sistema económico

<sup>1</sup> Ver AYRES, R. (1978), *Resources, Environment and Economics*, New York, J. Wiley & Sons, Inc., 5

<sup>2</sup> Ver MALER, K. (1974), *Environmental Economics: a Theoretical Inquiry*, Baltimore, The John Hopkins University Press, 2

<sup>3</sup> Ver AYRES, R. (1978), *ibidem*

<sup>4</sup> AYRES, R. (1978), *ibidem*

<sup>5</sup> AYRES, R. (1978), *ibidem*

isolado do ambiente.<sup>1</sup> Ao contrário, na nova abordagem argumenta-se que os sistemas económico e ambiental não estão desligados. Para ela o "...consumo 'final' - a conveniente abstracção da economia convencional - não é verdadeiramente final em termos de disponibilidade real de matéria e energia"<sup>2</sup> ; o estudo da economia, para além das relações estabelecidas através do *mercado*, deve *começar e acabar no ambiente* porquanto este é, respectivamente, fornecedor de matérias-primas e reservatório de desperdícios. O ambiente torna-se, assim, uma variável endógena ao sistema económico e a abordagem teórica da economia é considerada uma *abordagem ecológica*<sup>3</sup> .

As interconexões entre os dois sistemas, o económico e o ambiental, não podem, *fisicamente*, ser *separadas*; segundo a abordagem ecológica da teoria económica, há um *modelo* que representa formalmente todos os fluxos que podem ser estabelecidos entre os processos económicos, tecnológicos e ecológicos; designa-se, esse modelo, por *balança material*<sup>4</sup> . A construção desse modelo formal tem por base as leis físicas da Termodinâmica.

Segundo a 1ª Lei da Termodinâmica, a *lei da conservação da matéria e da energia*, as actividades económicas de produção e consumo de bens só *transformam a matéria*; nada é criado como também nada é destruído. Assim, a prazo e numa percepção global, "...as quantidades físicas de todos os inputs será idêntica às quantidades dos desperdícios..."<sup>5</sup> o que pressupõe - se não se *reciclarem* os desperdícios - que o acto de *poluir* é *intrínseco* ao próprio acto económico de produzir e

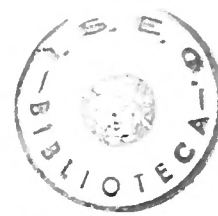
<sup>1</sup> PEARCE, D. (1976), *The Economics of Pollution*, in *Environmental and the Industrial Society*, 165

<sup>2</sup> AYRES, R. (1978), op. cit., 4

<sup>3</sup> COTTRELL, A. (1978), op. cit., 7

<sup>4</sup> Ver NIJKAMP, P. (1977), *Theory and Application of Environmental Economics*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 121

<sup>5</sup> NIJKAMP, P. (1977), op. cit., 11



consumir. Se, por isso, admitirmos que nem tudo é reciclado, então a *economia* e a *poluição* não são coisas que se possam separar.

No entanto, às sucessivas etapas de transformação da matéria (onde se criam, até serem consumidos, produtos de valor *económico crescente*) correspondem *perdas* sucessivas de *valor energético*.

"...a degradação de energia desde a de alta qualidade até à de baixa, através da sua passagem no sistema económico, representa uma real e permanente perda de energia."<sup>1</sup> Esta perda energética, devida a processos físicos e químicos, relaciona-se com a 2ª Lei da Termodinâmica e com o fenómeno da *entropia* <sup>2</sup>.

A valorização do consumo dos recursos naturais, feita com base na energia existente nesses recursos é, posteriormente, possível ser traduzida para a unidade de conta e de troca utilizada no mercado, ou seja, para moeda. Para isso utilizam-se três conceitos: o de *Produto Nacional Bruto* (PNB), o de *Consumo Energético Nacional* (CEN) e o resultante da relação entre os dois primeiros, ou seja, o de *Valor Unitário de Energia*,  $VUE (= PNB/CEN)$ . E, através do valor unitário de energia (VUE) é possível avaliar, em termos monetários, o valor total (VET) dos *fluxos de energia* (FE) existentes no ambiente natural e consumidos pela actividade humana, ou seja  $FE.VUE = VET$ . Desse modo a abordagem ecológica tenta "...comparar o fluxo de energia e o fluxo de moeda de maneira mais eficaz, e cifrar o custo de bens

---

<sup>1</sup> COTTRELL, A. (1978), op. cit., 9

<sup>2</sup> A 2ª Lei da termodinâmica afirma que a *transferência de energia* é sempre acompanhada por uma *dispersão* e *desorganização* de energia. Quando uma máquina transfere energia só parte dela se torna *útil*; a outra parte *desperdiça-se* (a vencer o atrito, por exemplo). A desconcentração de energia, aliada à desorganização da mesma, faz diminuir a qualidade da mesma. A qualidade da energia é, assim, proporcional à sua concentração. Quanto maior a desconcentração e desorganização energética maior a *entropia*.

[considerados] não económicos como a árvore duma floresta, a água ou o oxigénio."<sup>1</sup> Essa abordagem contribui para que os desarranjos no ambiente, provocados pela actividade humana, possam ser valorizados e contabilizados.

### **b) A poluição como uma externalidade negativa**

O funcionamento pleno do *mercado* de concorrência perfeita exige que os bens e serviços transaccionados tenham um consumo *exclusivo* e *rival*.

Como vimos anteriormente os resíduos poluentes líquidos das fábricas de Cacia e do Caima escoam-se através do espaço ocupado pela parte final da rede hidrográfica do Vouga. Como esse *espaço* consumido é do domínio público ele é *não exclusivo*. Nessa circunstância, como vimos, o mercado de concorrência perfeita não funciona.

Os possíveis efeitos negativos dos resíduos da produção de pasta celulósica sobre os orizicultores do Baixo-Vouga escapam, assim, ao controle do mercado. Os resíduos não são desejados e comprados no mercado pelos orizicultores; eles são *transferidos directamente*, dum modo indesejado, para a orizicultura.

A *interferência, directa e não desejada*, isto é, que não passa através dos mecanismos de mercado, é uma *externalidade tecnológica*<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> ROSNAY, J. (1975), *O Macroscópio. Para uma visão global*, Editora Arcádia

<sup>2</sup> Admite-se a existência de *efeitos externos indirectos* sobre os agentes económicos; manifestam-se primeiro no mercado. São *externalidades pecuniárias*. [ver SCITOSKY, T. (1954), *Two concepts of external economies*, in *Journal of Political Economy*, vol.62, 146]

A noção de *externalidade tecnológica* está, assim, associada à de *interdependência directa* entre agentes económicos.

Tal interacção, quer envolva as relações entre produtor-produtor, consumidor-consumidor, produtor-consumidor, ou entre empresário-empregado, consiste em interdependências que são externas ao sistema de preços, não sendo por isso contabilizadas pelas valorizações do mercado. Analiticamente, isso implica a não independência das várias funções de preferência e de produção.<sup>1</sup>

### (1) Os custos sociais da poluição

Suponhamos o caso ( ver Fig.I.10) em que haja *interdependência directa* entre dois produtores, mas *num só sentido*. Um agente poluidor, P, produz um produto  $Q_1$ , por exemplo *celulose*, transaccionado ao preço  $p_1$ ; o mesmo produtor despeja, num rio, cujos direitos de propriedade não estão bem definidos, um (*sub*)produto, associado ao mesmo processo produtivo, e altamente poluente. Um outro produtor, A, localizado a *jusante* desse curso de água, e que produz  $Q_2$ , por exemplo *arroz*, vendido no mercado ao preço  $p_2$ , é afectado pela quantidade  $q_1$  produzida pelo empresário P. Mas o inverso não acontece, ou seja, *não há reciprocidade* na interdependência. Só um dos agentes económicos, P, que tem uma actividade poluente, cria externalidades a outro, ao A. É uma *externalidade unidireccional*<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>BATOR, F. (1958), *The Anatomy of Market Failure*, in *Quarterly Journal of Economics*, vol.72, Agosto, 358

<sup>2</sup> Ver VICTOR, P. (1972), *Economics of Pollution*, London, MacMillan, 19 e NUKAMP, P. (1977), *op.cit.*, 46

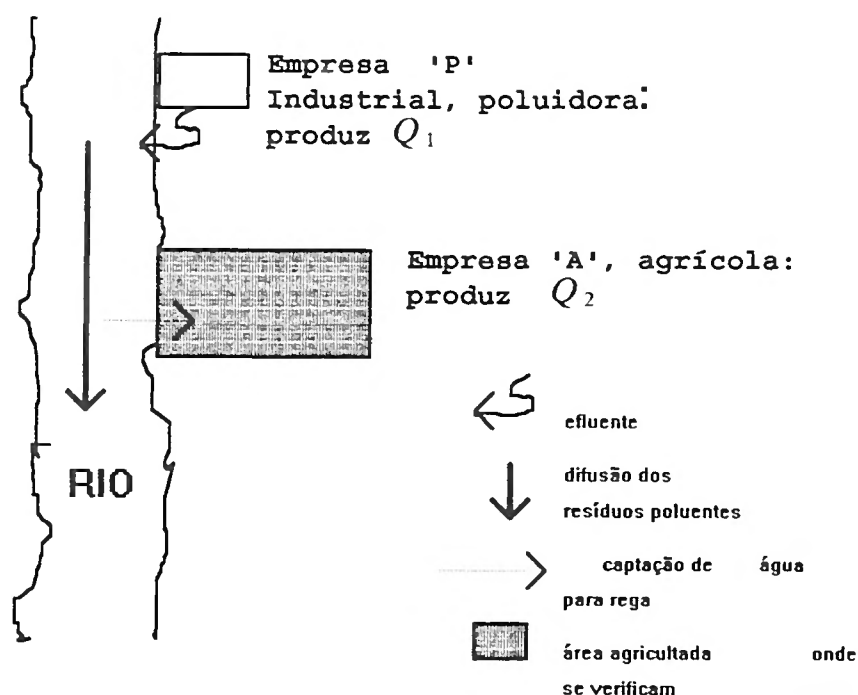


Fig.I.10- Um caso de *externalidade negativa espacial e unidireccional*

O (sub)produto poluente derrama-se no rio afectando a qualidade das águas que são procuradas pelo orizicultor A. Porque o resíduo se escoia no *espaço*, consumindo recursos naturais, a *externalidade* é *ambiental* ou *espacial*. Com efeito, "...o espaço é o meio através do qual as externalidades são transferidas dum agente económico para o outro..."<sup>1</sup>.

Para NIJKAMP(1980) as *externalidades espaciais* ou *ambientais* são um caso específico de *externalidades tecnológicas*.

O conceito de externalidades tecnológicas...pode ser usado para descrever os problemas de qualidade ambiental, mas é mais adequado definir um novo conceito de efeitos externos ambientais. Os efeitos externos ambientais são efeitos não comercializados (positivos ou negativos), que resultam de um efeito lateral de actividades económicas de produção e consumo (incluindo actividades governamentais) e que afectam as

<sup>1</sup> NIJKAMP,P. (1980), *Environmental Policy Analysis, Operational Methods and Models*, New York, John Wiley & Sons, 49

condições de bem-estar ou lucro de outras famílias através de derramamentos que utilizam o meio natural que rodeia o homem...<sup>1</sup>.

As funções custo de cada um dos empresários serão

$$C_P = C_P(q_1) \quad (\text{I.1})^2 \quad \text{e} \quad C_A = C_A(q_2, q_1) \quad (\text{I.2})$$

Os custos totais do empresário A,  $C_A$ , são afectados não só pela quantidade que ele produz e controla,  $q_2$ , como também pela *quantidade produzida pelo poluidor*,  $q_1$ , e que A não controla. Uma pequena variação na quantidade de  $q_1$  origina variações nos custos de A, ou seja  $\partial C_A / \partial q_1 \neq 0$ . A externalidade, provocada pelo agente P, afecta os custos do empresário A; é uma *externalidade marginal*<sup>3</sup>. Como  $\partial C_A / \partial q_1 > 0$ , o empresário A sofre uma *externalidade negativa*<sup>4</sup>.

Cada empresário procura maximizar o seu comportamento. Para isso, cada um procura tornar máxima a diferença entre as receitas e os custos totais. Se o lucro for, para cada um deles, definido por

$$\Pi_P = p_1 \cdot q_1 - C_P(q_1) \quad (\text{I.3}) \quad \text{e} \quad \Pi_A = p_2 \cdot q_2 - C_A(q_2, q_1) \quad (\text{I.4})$$

então eles só podem maximizar o lucro em relação à variável que cada um controla; se o mercado for de concorrência perfeita,

$$\partial \Pi_P / \partial q_1 = p_1 - \partial C_P / \partial q_1(q_1) = 0 \quad (\text{I.5})$$

$$\partial \Pi_A / \partial q_2 = p_2 - \partial C_A / \partial q_2(q_2, q_1) = 0 \quad (\text{I.6})$$

<sup>1</sup> NIKAMP, P. (1977), op. cit., 45; o *italico* é nosso.

<sup>2</sup> 1ª expressão do capítulo I.

<sup>3</sup> Ver BUCHANNAN, J. e STUBBLEBINE, W. (1962), *Externality*, in *Economica*, nº29, Novembro, 372. Segundo os mesmos autores a *externalidade* é *infra-marginal* se  $\partial C_A / \partial q_1 = 0$ .

<sup>4</sup> Se a externalidade for *positiva* então  $\partial C_A / \partial q_1 < 0$ .

quando os *custos marginais privados* em produzir  $q_1$  e  $q_2$  forem iguais aos respectivos *preços de mercado*; estas são as *condições necessárias* de máximo lucro.

As *condições suficientes* de máximo lucro dizem-nos que este só é alcançado quando os *custos marginais* são *crescentes*, ou seja, quando

$$\partial^2 \Pi_P / \partial q_1^2 = -\partial^2 C_P / \partial q_1^2 < 0 \quad \text{ou} \quad \partial^2 C_P / \partial q_1^2 > 0 \quad (\text{I.7})$$

e 
$$\partial^2 \Pi_A / \partial q_2^2 = -\partial^2 C_A / \partial q_2^2 < 0 \quad \text{ou} \quad \partial^2 C_A / \partial q_2^2 > 0 \quad (\text{I.8})$$

Se, em termos privados, os benefícios devem ser iguais aos custos marginais, o que é que acontece em *termos sociais* quando um dos produtores sofre uma *externalidade negativa*?

O *benefício social* da produção de  $q_1 + q_2$  unidades é medido pela receita total  $p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2$ ; esta receita é a "quantia que os consumidores desejam pagar pela produção [de  $q_1$  e  $q_2$ ]. Os custos sociais são medidos pela soma dos custos de ambos os empresários..."<sup>1</sup>, ou seja,  $C_P(q_1) + C_A(q_1, q_2)$ .

O *bem-estar social* pode, assim, ser definido pela soma dos ganhos líquidos<sup>2</sup> dos dois empresários, ou seja,

$$\Pi = \Pi_P + \Pi_A = p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2 - C_P(q_1) - C_A(q_2, q_1) \quad (\text{I.9})$$

<sup>1</sup> HENDERSON, J. e QUANDT, R. (1980), *Microeconomic Theory, a Mathematical Approach*, 3ªedi., MacGraw-Hill Book Company, 303

<sup>2</sup> Ver BAUMOL, W. (1977), *Economic Theory and Operations Analysis*, 4ªedi., London, Prentice/Hall International, Inc., 498



As condições necessárias de máximo bem-estar económico-social são obtidas diferenciando a equação (I.9) em ordem aos dois produtos consumidos  $Q_1$  e  $Q_2$ ,

$$\partial \Pi / \partial q_1 = p_1 - \partial C_P / \partial q_1 - \partial C_A / \partial q_1 = 0 \quad \text{ou}$$

$$p_1 = \partial C_P / \partial q_1 + \partial C_A / \partial q_1 \quad (\text{I.10})$$

e  $\partial \Pi / \partial q_2 = p_2 - \partial C_A / \partial q_2 = 0 \quad \text{ou}$

$$p_2 = \partial C_A / \partial q_2 \quad (\text{I.11})$$

em que  $\partial C_P / \partial q_1 + \partial C_A / \partial q_1$ , o custo social em produzir  $Q_1$ , deve ser igual ao respectivo benefício marginal social,  $p_1$ ; de igual modo, o custo social em produzir  $Q_2$ ,  $\partial C_A / \partial q_2$ , deve ser igual ao benefício marginal social,  $p_2$ .

As condições suficientes são obtidas a partir do Hessiano

$$\begin{vmatrix} -\partial^2 C_P / \partial q_1^2 - \partial^2 C_A / \partial q_1^2 & -\partial^2 C_A / \partial q_1 \partial q_2 \\ -\partial^2 C_A / \partial q_2 \partial q_1 & -\partial^2 C_A / \partial q_2^2 \end{vmatrix}$$

O máximo é obtido quando os menores principais alternarem de sinal com

$$-\partial^2 C_P / \partial q_1^2 - \partial^2 C_A / \partial q_1^2 < 0$$

$$\text{e } [(-\partial^2 C_P / \partial q_1^2 - \partial^2 C_A / \partial q_1^2) (-\partial^2 C_A / \partial q_2^2)] - (\partial^2 C_A / \partial q_1 \partial q_2)^2 > 0$$

ou seja,

$$\partial^2 C_P / \partial q_1^2 + \partial^2 C_A / \partial q_1^2 > 0 \quad (\text{I.12})$$

$$\text{e } \partial^2 C_A / \partial q_2^2 > 0 \quad (\text{I.13})$$

quando os *custos marginais sociais* em produzir  $Q_1$  e  $Q_2$  forem *crescentes*.

Quais as *diferenças* entre a análise *privada* e *social*? Para ambos os produtos, celulose e arroz, os *benefícios marginais, privados e sociais*, são *iguais*; mas para produzir celulose,  $Q_1$ , - o *produto* que está na origem da *poluição* - o *custo marginal privado* é diferente do *custo marginal social*. Este é maior.

Quando existem *externalidade negativas* o *custo marginal privado* é sempre menor que o *custo marginal social*. A *interdependência directa* dum agente económico na actividade de outro "...causa *divergência* entre os cálculos dos *custos-benefícios privados e sociais*."<sup>1</sup>

Assim, para que seja produzida uma quantidade de celulose que seja um *ótimo social* torna-se necessário que o *empresário poluidor* diminua as quantidades de  $Q_1$ . E deve diminuir em quanto? Até ao ponto em que, para além dos *custos privados* em produzir  $Q_1$ , o *empresário poluidor* considere ou *internalize* os efeitos da produção de  $Q_1$  nos custos do *empresário A*, ou seja,  $\partial C_A / \partial q_1$ .

É isso que pode ser visto na fig.I.11; na *abscissa* representam-se as quantidades,  $q_1$ , de celulose; em *ordenada*, para além do preço desse

---

<sup>1</sup> BATOR, F. (1958), op. cit., 358

produto, ou seja  $p_1$ , representam-se, também, os custos marginais privado e social em produzir  $Q_1$  e o custo marginal externo  $\partial C_A / \partial q_1$ . A quantidade óptima, em termos privados, de celulose produzida deve ser  $q_1^*$ ; esta quantidade corresponde à igualdade entre o preço de mercado  $p_1^*$  e o custo marginal privado  $\partial C_p / \partial q_1$ ; isso verifica-se no ponto  $X$  sobre a curva do custo marginal privado. Contudo, e para esse preço de mercado  $p_1^*$ , o custo marginal social em produzir  $Q_1$  exige uma quantidade menor,  $q_1^{**}$ , obtida em  $T$ , onde se regista a igualdade entre o custo marginal social em produzir  $Q_1$  e o preço de mercado  $p_1^*$ .

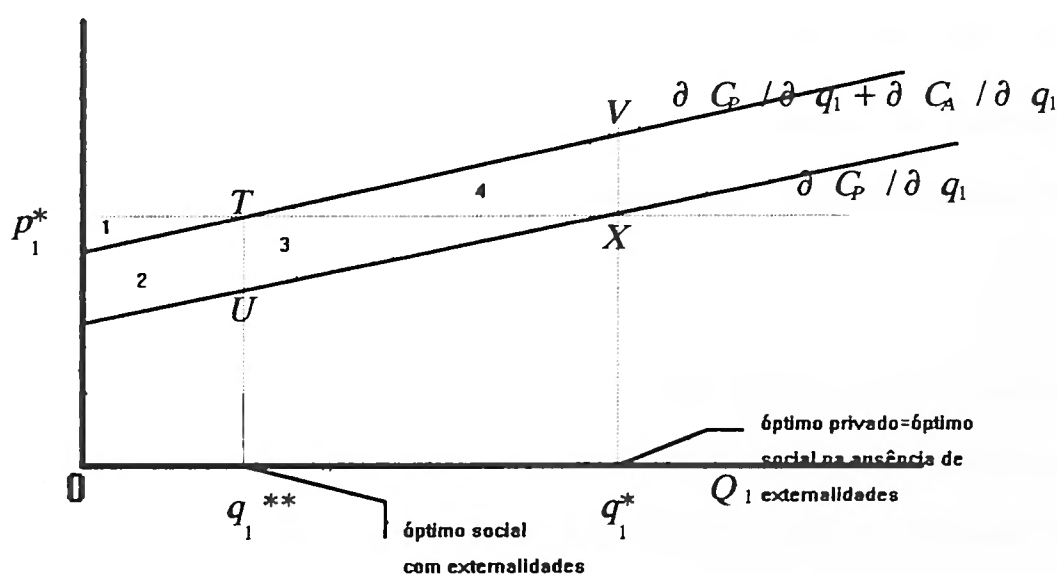


Fig.I.11-0 Ótimo privado do produtor de  $Q_1$ , celulose, não é idêntico com o ótimo social quando o produtor provoca externalidades negativas.

Assim, neste caso em que existe uma externalidade negativa, o benefício social líquido - a diferença entre a receita total social e o custo total social - em produzir celulose não se identifica com o excedente do produtor (que corresponde às áreas 1, 2 e 3): esse

benefício social líquido é *menor* que esse excedente e é constituído pela diferença entre a área 1 e a 4; ou, de outro modo,

*Benefício social líquido*(=BSL ou Bem-estar social) em produzir o produto  $Q_1$

$$= p_1 \cdot q_1 - \left( \int_0^{q_1} \partial C_P / \partial q_1 \cdot dq_1 + \int_0^{q_1} \partial C_A / \partial q_1 \cdot dq_1 \right)$$

sendo  $p_1 \cdot q_1 - \int_0^{q_1} \partial C_P / \partial q_1 \cdot dq_1 = \text{Excedente do produtor } P = EP_P$

O benefício social líquido não se identifica com o excedente do produtor porque, à receita total, há necessidade de deduzir à receita total o *custo externo total*,  $\int_0^{q_1} \partial C_A / \partial q_1 \cdot dq_1$ ..Esses custos podem ser observados, na mesma figura, entre os custos marginais sociais e privados sendo constituídos pelo somatório das áreas 2, 3 e 4.<sup>1</sup>

Como dificilmente o empresário poluidor, P, voluntariamente internaliza os custos externos (ele não tem nisso qualquer interesse individual), uma via possível é a intervenção do Estado. As águas do rio, utilizadas como receptáculo dos resíduos poluentes, escoam em propriedade do domínio público.

Essa intervenção estatal pode fazer-se através do lançamento dum *imposto unitário* que seja igual ao *custo marginal externo* no ponto em que a quantidade produzida é um *ótimo social* <sup>2</sup> . O efeito desse imposto reflecte-se num deslocamento , para cima e para a esquerda, do *custo marginal privado* de modo a que o poluidor reduza a

<sup>1</sup> Ver LANDSBURG, S. (1992), *Price Theory and Applications*, 2th ed., The Dryden Press, 424-428

<sup>2</sup> ORMINSTON, M. (1992), *Intermediate Microeconomics*, The Dryden Press, 528

quantidade de  $Q_1$  para níveis iguais a  $q_1^{**}$ , que é o socialmente ótimo.

Para o nível socialmente ótimo  $q_1^{**}$  o benefício social líquido identifica-se com o excedente do produtor (representado pela área 1 na fig.I.11). Nessa mesma figura a área 2 corresponde ao *rendimento total do imposto* que o produtor canaliza para o Estado e é igual ao custo externo que o poluidor ainda causa mesmo produzindo a quantidade socialmente ótima  $q_1^{**}$ ,  $\int_0^{q_1^{**}} \partial C_A / \partial q_1 \cdot dq_1$ .

Porque a *receita total* do imposto se identifica com o *custo total externo*, então deveria ser esse o montante da *compensação* a transferir para o empresário que sofre a poluição. É este o argumento de PIGOU.

Admitindo que o mercado do produto  $Q_1$ , celulose, é um mercado de concorrência perfeita e que, também, todos os empresários que produzem  $Q_1$  produzem, igualmente, externalidades negativas, a oferta de celulose pode ser expressa, na fig.I.12, pela curva  $S$ . Essa curva "...é a soma lateral das curvas de custo marginal privadas em cada empresa individual."<sup>1</sup> Porque essa oferta só reflecte os custos internos, e não expressa os custos externos, ela não reproduz a valorização marginal social dos factores produtivos<sup>2</sup>. A quantidade ótima privada e o preço ótimo, para a curva de procura  $D$ , são, respectivamente,  $q_1^c$  e  $p_1^*$ .

<sup>1</sup> VICTOR (1972), op. cit., 21

<sup>2</sup> Ver COMMON (1988), *Environmental and Resource Economics: an Introduction*, London, Longman, 91

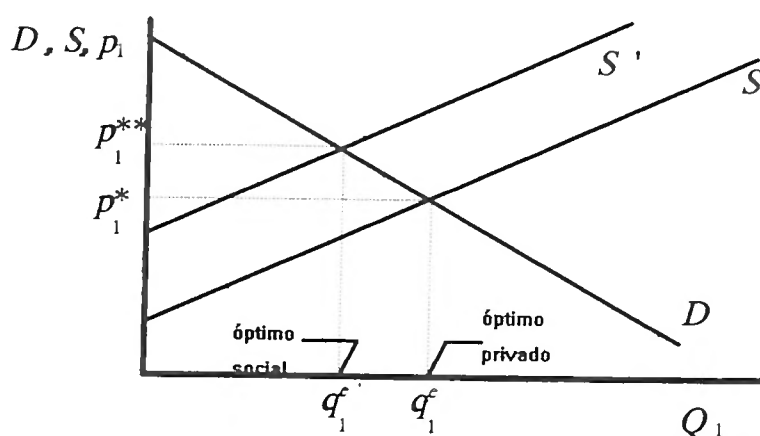


Fig.I.12- O mercado de concorrência perfeita para  $Q_1$  quando o produto provoca externalidades negativas.

Por causa das *externalidades negativas*, o *custo marginal social* em produzir  $Q_1$  - que se devia identificar com a oferta  $S$  - é *superior*. Assim, esse custo social origina uma outra curva de oferta de celulose  $S'$  situada mais à esquerda e para cima. Isso significa que, mantendo-se a curva da procura inalterada, a quantidade transaccionada no mercado de celulose deveria ser  $q_1^{c'}$ , uma quantidade inferior à registada quando não são internalizados os custos externos; e o preço,  $p_1^{**}$ , correspondente a essa quantidade,  $q_1^{c'}$ , deve ser superior. O excedente dos consumidores de celulose é diminuído; e são eles, também, a absorver parte dos efeitos do imposto.

Se um produto origina *externalidades negativas*, e se forem devidamente contabilizados os efeitos externos, então as quantidades consumidas desse produto devem ser menores e o preço mais elevado do que os registados no mercado de concorrência perfeita - quando as curvas de oferta e procura não reflectam a totalidade dos custos e dos benefícios sociais.

## (2) O ótimo ou eficiência de Pareto

A desigualdade entre o ótimo privado e o ótimo social, devida a um problema de externalidades negativas, origina uma afectação não socialmente ótima dos recursos e origina, como consequência, situações *não ótimas* ou *ineficientes de Pareto*.

A *eficiência de Pareto* é, juntamente com a *justiça social*<sup>1</sup>, uma condição necessária para que uma sociedade organizada pretenda maximizar o seu bem-estar.

A decisão sobre as quantidades ótimas a produzir, quando, por exemplo, dois produtores utilizam os mesmos factores produtivos escassos, pode ser problemática. Em *termos sociais* não é indiferente ter mais quantidade de um produto em desfavor de outro. Por isso, PARETO admitiu um *critério* segundo o qual, dada uma determinada situação económica eficiente, sempre que algum agente económico tente melhorar a sua posição ele prejudicará, necessariamente, a posição de outrem.<sup>2</sup>

Admitamos que os dois empresários, P e A, têm funções de produção

$$q_1 = q_1(L_1, D_1) \quad (\text{I.14}) \quad \text{e} \quad q_2 = q_2(L_2, D_2) \quad (\text{I.15})$$

que se caracterizam por serem contínuas, diferenciáveis e *taxas de substituição decrescentes*<sup>3</sup> ao longo de cada *isoquanta*<sup>4</sup>. Vamos,

<sup>1</sup> A justiça social, se fosse possível medir-se, levantaria a indeterminação dos vários pontos eficientes, não só para a produção como para o consumo, que, eventualmente, podem ser calculados [ver BATOR, F. (1957), *The Simple Analytics of Welfare Maximization*, in *The American Economic Review*, Volume XLVII, nº1, Março, 28].

<sup>2</sup> Ver SEN, A. (1970), *Collective Choice and Social Welfare*, San Francisco, Holden-Day, Inc., 19/20

<sup>3</sup> Isso permite que a *isoquanta* seja *convexa* em relação à origem dos eixos [ver BATOR (1957), op. cit., 23]

<sup>4</sup> Uma *isoquanta* é um lugar geométrico cujos pontos representam a *mesma quantidade produzida* independentemente das variações dos factores produtivos.

também, admitir que não haja efeitos externos e que a oferta de recursos seja inelástica<sup>1</sup> ou seja

$$L_1 + L_2 = \bar{L} \quad \text{e} \quad D_1 + D_2 = \bar{D}$$

em que  $\bar{L}$  é a quantidade total do factor trabalho disponível na economia e  $\bar{D}$  a quantidade total de terra distribuídas pelos empresários P, que produz  $Q_1$  e por A, que produz  $Q_2$ .

As condições óptimas de PARETO, para a produção, podem ser obtidas maximizando a produção de  $Q_1$ , com a restrição de a produção de  $Q_2$  ter um nível predeterminado<sup>2</sup>, ou seja  $\bar{q}_2$ . O empresário maximiza a sua posição levando em linha de conta a posição do outro produtor. Há uma preocupação de carácter social.

Forme-se a função Lagrangeana

$$V = q_1(L_1, D_1) + \lambda [q_2(\bar{L} - L_1, \bar{D} - D_1) - \bar{q}_2] \quad (\text{I.16})$$

derivando, parcialmente,  $V$  em ordem a  $L_1, D_1$  e a  $\lambda$  teremos

$$\partial V / \partial L_1 = \partial q_1 / \partial L_1 - \lambda \cdot \partial q_2 / \partial L_2 = 0 \quad (\text{I.17})$$

$$\partial V / \partial D_1 = \partial q_1 / \partial D_1 - \lambda \cdot \partial q_2 / \partial D_2 = 0 \quad (\text{I.18})$$

$$\partial V / \partial \lambda = q_2(\bar{L} - L_1, \bar{D} - D_1) - \bar{q}_2 = 0 \quad (\text{I.19})$$

dividindo, membro a membro, as equações (I.17) e (I.18) teremos

<sup>1</sup> Ver BATOR, F. (1957), *ibidem*

<sup>2</sup> Ver HENDERSON e QUANDT (1980), *op. cit.*, 289



$$\frac{\partial q_1 / \partial L_1}{\partial q_1 / \partial D_1} = \frac{\partial q_2 / \partial L_2}{\partial q_2 / \partial D_2} \quad (\text{I.20})$$

em que  $\frac{\partial q_1 / \partial L_1}{\partial q_1 / \partial D_1}$  é a *taxa de substituição técnica* (T.S.T.) para o produto  $Q_1$  e  $\frac{\partial q_2 / \partial L_2}{\partial q_2 / \partial D_2}$  a T.S.T para o produto  $Q_2$ .

A igualdade (I.20) manifesta uma preocupação *social*. Numa *sociedade*, o conjunto de todos os empresários, produtores dos mais variados bens e serviços, que utilizem os *mesmos factores produtivos* têm de cumprir uma regra muito simples para que seja obtido o *óptimo de Pareto*: a de terem de *igualar* as suas TST. Esta igualdade é um objectivo de alcance social e, se não for cumprida, origina *ineficiência*.

No sistema de mercado de *concorrência perfeita*, cada produtor, no seu objectivo de maximizar o lucro, igualiza o valor do produto marginal de cada factor ao respectivo preço (que se apresenta como um dado adquirido para todos os produtores). Como todos os empresários, nesse sistema de mercado, para maximizar o lucro têm um comportamento idêntico ( ou seja, devem igualar a respectiva TST à razão entre preços dos produtos que produzem), então o *óptimo de Pareto* para a *produção* pode ser obtido em concorrência perfeita como resultado da *procura de interesses individuais maximizadores*. Nesse caso o interesse individual identifica-se com o interesse colectivo.

A eficiência de Pareto não será atingida pelo comportamento individual maximizador dos produtores em concorrência perfeita se existirem *falhas* persistentes no sistema de mercado. Um exemplo de

tais falhas ocorrem quando existem *externalidades negativas* como a poluição.

Se o empresário P, produtor de  $Q_1$ , criar efeitos externos ao empresário A, então a maximização do lucro para o empresário P será diferente caso ele leve em consideração, ou não, os interesses do empresário A.

Se levar em consideração os efeitos externos que provoca no outro empresário A, então o empresário poluidor tem preocupações de carácter social e leva em linha de conta o bem-estar do outro agente económico. Assim, o bem-estar social líquido em produzir  $Q_1$  e  $Q_2$  pode ser definido do seguinte modo:

$$\Pi = p_1 \cdot q_1(L_1, D_1) + p_2 \cdot q_2(L_2, D_2, q_1) - w(L_1 + L_2) - r(D_1 + D_2) \quad (I.21)$$

Será a partir desta expressão que a *sociedade* alcança as condições necessárias *óptimas* para produzir  $Q_1$ <sup>1</sup>:

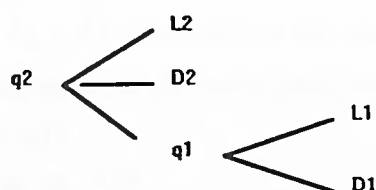
$$\partial \Pi / \partial L_1 = p_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1 + p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1 - w = 0 \quad (I.22) \quad \text{e}$$

$$\partial \Pi / \partial D_1 = p_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1 + p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1 - r = 0 \quad (I.23)$$

em que  $w$ =taxa de salário e  $r$ =renda da terra; tendo em conta que a receita do empresário A é afectada pela produção de  $Q_1$ , ou seja  $p_2 \cdot q_2(L_2, D_2, q_1)$ <sup>2</sup>, então  $p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1$  e  $p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1$

<sup>1</sup> Ver BATOR (1958), op. cit., 359

<sup>2</sup> Podemos ver, para o empresário A, a *relação* entre as *variáveis* através do seguinte esquema:



são, respectivamente, os efeitos (*externos*) provocados na *receita* do empresário A quando o empresário P altera os níveis de  $L_1$  e  $D_1$ .

A partir das equações (I.22) e (I.23) e pondo, nos membros do lado esquerdo,  $\partial q_1 / \partial L_1$  e  $\partial q_1 / \partial D_1$  em evidência e passando  $w$  e  $r$  para o lado direito

$$\partial q_1 / \partial L_1 (p_1 + p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1) = w \quad \text{ou} \quad \partial q_1 / \partial L_1 = \frac{w}{p_1 + p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1} \quad (\text{I.24})$$

$$\text{e } \partial q_1 / \partial D_1 (p_1 + p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1) = r \quad \text{ou} \quad \partial q_1 / \partial D_1 = \frac{r}{p_1 + p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1} \quad (\text{I.25})$$

encontramos, para o empresário P, os *produtos marginais sociais*<sup>1</sup> para cada factor em situação de máximo lucro. Então, a partir de (I.24) e (I.25), três coisas podem acontecer:

1ª- se os *efeitos externos cessarem*, então  $\partial q_2 / \partial q_1 = 0$  e as produtividades marginais sociais tornam-se iguais às privadas numa situação de máximo lucro, ou seja  $\partial q_1 / \partial L_1 = w / p_1$  e  $\partial q_1 / \partial D_1 = r / p_1$ ;

2ª- se  $\partial q_2 / \partial q_1 > 0$ , ou seja, se o produto  $Q_1$  provocar uma *externalidade positiva*, então o valor da produtividade marginal social é inferior à privada e, por isso, *produz-se menos de  $Q_1$  do que socialmente se deveria produzir*;

---

em que  $q_2$ , para além de dependente de  $L_2$  e  $D_2$ , é também dependente de  $q_1$  e, consequentemente, de  $L_1$  e  $D_1$ . Isso significa que, quando existem variações nos factores  $L_1$  e  $D_1$ , os efeitos na receita do empresário A são dados pelas expressões  $p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1$  e

$p_2 \cdot \partial q_2 / \partial q_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1$ .

<sup>1</sup> Ver BATOR (1958), op. cit., 359

3ª- se, como é o caso que temos vindo a considerar, o produtor de  $Q_1$  provoca uma *externalidade negativa*, ou seja  $\partial q_2 / \partial q_1 < 0$ , então existem *quebras de receita* para o empresário que produz  $Q_2$  e *produz-se mais de  $Q_1$  do que socialmente deve acontecer*.

Com externalidades, e porque o nível de produção alcançado em concorrência perfeita não coincide com o socialmente desejado, o óptimo de Pareto não pode ser alcançado através desse sistema de mercado<sup>1</sup>.

Gráficamente [fig.I.13.a) e fig.I.13.b)] podem construir-se dois conjuntos de isoquantas, um para cada um dos produtos. Para qualquer das figuras as isoquantas são convexas em relação à origem dos eixos; e os níveis superiores de produção correspondem aquelas isoquantas mais afastadas dessa origem, ou seja, as que têm um superescrito (entre parêntesis) mais elevado. Em abcissa representa-se a quantidade de mão-de-obra consumida e em ordenada o factor terra.

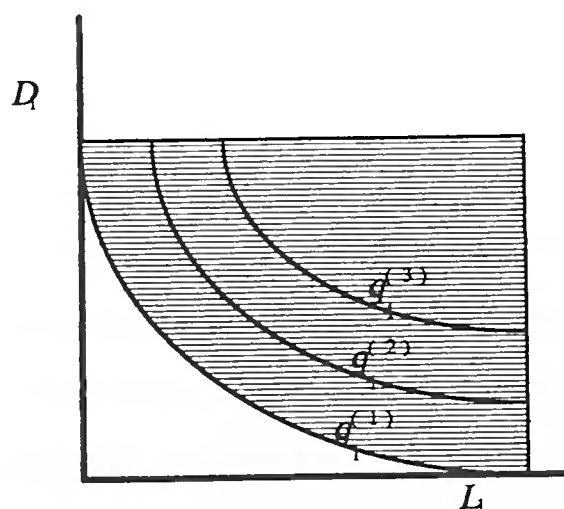


Fig.I.13.a)- As isoquantas do empresário P, produtor de  $Q_1$

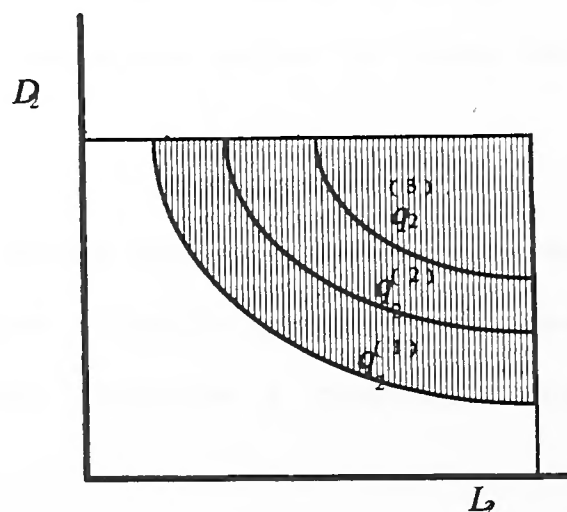


Fig.I.13.b)- As isoquantas do empresário A, produtor de  $Q_2$

<sup>1</sup> Sem falhas de mercado, ou seja *sem externalidades*, a *concorrência perfeita* é suficiente para se alcançar o óptimo de Pareto. Mas não é necessária; um outro sistema económico qualquer poderia alcançar essa eficiência. [ver INTRILIGATOR (1971), **Mathematical Optimization and Economic Theory**, London, Prentice-Hall, Inc., 269]

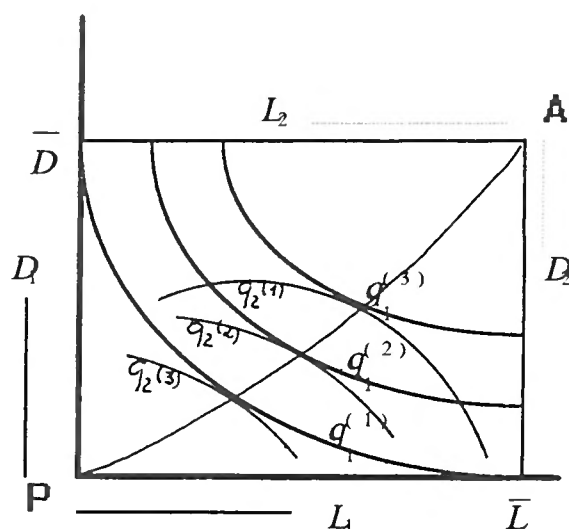


Fig.I.14- A caixa de Edgeworth-Bowley

Podemos conjugar as figuras I.13.a) e I.13.b) numa *caixa diagrama de Edgeworth-Bowley* cujas dimensões são dadas pelas quantidades oferecidas dos factores de produção (Fig.I.14. Nessa caixa, os cantos inferior esquerdo e superior direito são a origem dos eixos para, respectivamente, o produtor de  $Q_1$  e para o produtor de  $Q_2$ .

Nessa caixa, cada ponto de tangência entre duas isoquantas possui a particularidade de as TST de cada produtor serem iguais. É um *ótimo de Pareto* para a *produção*. Todos os restantes pontos da caixa são *ineficientes*.

Unindo todos os possíveis pontos de *ótimo* constrói-se uma curva de *eficiência* para a *produção*. Nessa curva, à medida que são produzidas quantidades mais elevadas dum produto altera-se a composição dos factores consumidos.

Se essa curva eficiente for transposta para um outro espaço gráfico, o dos produtos  $Q_1$  e  $Q_2$ , obtém-se a *curva de transformação dos produtos* ou *fronteira de possibilidades de produção*.

Dadas as quantidades de factores e a tecnologia existente, há um conjunto de possibilidades para produzir esses dois produtos cujo limite ou fronteira representa a capacidade produtiva para essa produção conjunta.

Qualquer ponto sobre a fronteira de possibilidades é um ponto eficiente.

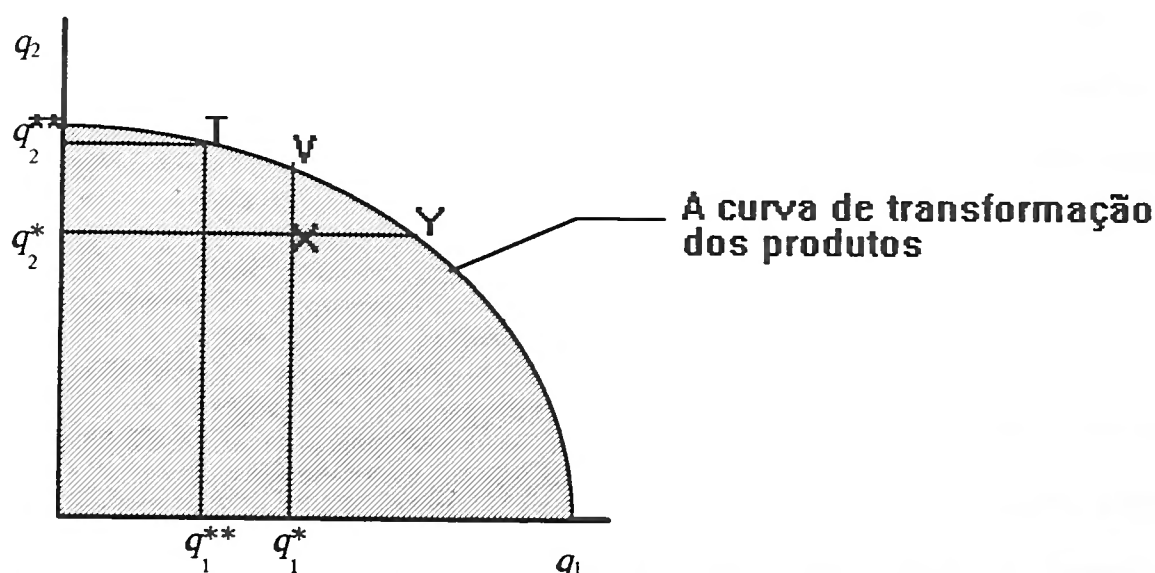


Fig.I.15- O conjunto de possibilidades de produção (a sombreado) e a fronteira de possibilidades de produção ou curva de transformação dos produtos

Na fig.I.15 o ponto  $V$  (bem como  $T$  e  $Y$ ) é um ponto eficiente. Nele as TST dos dois empresários são iguais e as produtividades marginais privadas devem ser iguais às sociais.

Um deslocamento ao longo da curva de possibilidades ou fronteira da produção implica uma transformação na quantidade dos produtos. Passar do estado eficiente  $V$  para outro, eficiente, por exemplo  $Y$ , origina um aumento de produção de  $Q_1$  à custa da diminuição da produção de  $Q_2$ . Mas esta alteração ou transformação na produção é feita através

de sinais (preços) constituídos no mercado. Porque os *recursos* são *escassos*, e a *tecnologia* é momentaneamente *limitada*, há um custo, medido em termos de  $Q_2$ , quando existe expansão de  $Q_1$ . Há um *custo de oportunidade* em expandir  $Q_1$ .

A taxa a que se faz essa *transformação de produtos*, TTP, é negativa. O aumento na quantidade de um produto implica, necessariamente, a diminuição na quantidade do outro produto. E, para níveis muito elevados de  $Q_1$  a quantidade de  $Q_2$  sacrificada é cada vez maior; daí a curva de transformação ser *côncava* em relação à origem dos eixos<sup>1</sup>.

Numa situação eficiente, melhorar a posição dum produtor, prejudicando a de outro, - sem que a sociedade no seu conjunto fique negativamente afectada- é um juízo característico de um estado *eficiente de Pareto*; esse juízo pode fazer-se para qualquer ponto da curva de transformação. Mas já não se pode fazer o mesmo para qualquer outro ponto, por exemplo  $X$ , situado abaixo dessa curva.

Com efeito, se, com  $q_1^*$ , for produzido  $q_2^*$  então estar-se-á a produzir abaixo da capacidade possível no momento; isso pode acontecer quando o agente poluidor, ao produzir  $q_1^*$ , afecta de tal modo a produção do empresário A que este produz, involuntariamente, uma quantidade,  $q_2^*$ , manifestamente inferior aquela que poderia produzir.

A combinação produtiva  $q_1^*$  e  $q_2^*$  é *ineficiente* e é representada pelo ponto  $X$  localizado abaixo da curva de possibilidades de produção. A ineficiência existe porque, com os recursos existentes, o *empresário vítima da poluição* poderia produzir mais; se não alcança maiores

<sup>1</sup> Ver HENDERSON, J. e QUANDT, R. (1980), op. cit., 94

níveis de produção é porque o empresário poluidor consome, *fora do mecanismo de mercado*, as quantidades de recursos que seriam destinadas ao empresário vítima da poluição.

Se esse consumo excedente de recursos tivesse de ser *internalizado* (*comprado*, por exemplo) pelo empresário poluidor então, porque ficavam mais caros, esse mesmo empresário, *para manter o mesmo nível de produção*, tendia a substituir esses recursos por outros; com isso, libertava recursos que podiam incrementar a produção  $Q_2$  do empresário vítima da poluição.

Assim, a partir do ponto ineficiente  $X$ , é sempre possível melhorar a situação dos dois produtores ou, pelo menos, manter a situação de um e melhorar a de outro desde que a trajectória, para se atingir a *eficiência*, se faça para qualquer ponto da curva de transformação compreendido entre os pontos  $V$  e  $Y$ .

Mantendo o mesmo nível de produção para  $Q_1$  a situação eficiente escolhida seria o ponto  $V$  na curva de possibilidades de produção.

Mas, por causa do nível do preço a que vende o produto  $Q_1$  (ver fig.I.11), o empresário poluidor deve, dentro da eficiência, *diminuir a quantidade* desse mesmo produto. Só num ponto à esquerda de  $V$ , por exemplo em  $T$ , o alcance da eficiência só pode ser feito, na curva de possibilidades de produção. Com o nível de preços existente só existe *ótimo social* em  $T$ . Ora, nesse caso o empresário  $P$  vê, com essa trajectória, *piorar a sua situação*, muito embora ela permaneça um *ótimo social*.



Tudo se passa como se, inicialmente, tivesse havido uma trajectória do ponto ineficiente  $X$  para o ponto  $V$  onde é alcançada a eficiência de Pareto ou o óptimo social; aí o empresário poluidor internaliza todos os custos que a sua produção ocasiona e, para manter o mesmo nível produtivo, reafecta, para isso, os recursos necessários; desse modo, permitia a libertação de factores produtivos necessários para que o empresário vítima da poluição aumentasse o seu nível de produção. Nenhum dos empresários via a sua situação piorar. Mas, depois, o segundo movimento -feito ao longo da curva de transformação- de  $V$  para  $T$  é já uma trajectória da responsabilidade do mercado; o preço unitário de  $Q_1$  obriga o empresário poluidor,  $P$ , a reduzir a produção de  $Q_1$  ( de  $q_1^*$  para  $q_1^{**}$ ) e a piorar a sua situação.

Muito embora qualquer dos pontos  $V$  e  $T$  sejam óptimos sociais, no entanto, só a primeira trajectória, ao contrário da segunda, está de acordo com o critério de Pareto. Na figura I.11. isso também pode ser observado: como o preço para  $Q_1$  prevalecente no mercado é  $p_1^*$  as quantidades desse produto devem reduzir-se para  $q_1^{**}$  e o ponto eficiente de Pareto deve ser  $T$ .

Torna-se claro que a diminuição de produção de  $Q_1$ , responsável pela produção do resíduo poluente, origina uma diminuição da poluição e, consequentemente, uma diminuição do consumo do recurso natural que, alternativamente, pode ser usado pelo empresário A vítima da mesma poluição. Como consequência final, existe, para o empresário A, uma reposição (com aumento) da produção e da receita para níveis permitidos pelo mercado..

Assim, o percurso que leva a economia a atingir a eficiência em  $T$ , saindo da ineficiência em  $X$ , arrasta consigo, a par dum *crescimento do benefício social líquido*, uma *diminuição do excedente do produtor*  $P$ . Para que nessa situação socialmente eficiente a posição do empresário poluidor não seja pior do que antes, existe a necessidade de *repartir*<sup>1</sup>, também por esse empresário, os *ganhos do benefício social líquido* - originados pela diminuição da poluição. Só assim ninguém ficará a perder.

A questão que, a seguir, se pode colocar é a de se saber como pode o empresário *internalizar os custos externos* de modo a que os custos marginais privados em produzir  $Q_1$  se identifiquem com os *custos marginais sociais* dessa produção?

### (3) As externalidades Pareto-relevantes

Conforme se pode ver através da figura I.11, mesmo depois de se ter atingido o óptimo de Pareto no ponto  $V$ , os efeitos externos continuam a existir. Mas deixaram de ser relevantes. Por isso, BUCHANAN e STUBBLEBINE (1962), admitem a distinção entre *externalidade potencialmente relevante e irrelevante*.

Segundo esses autores uma *externalidade é potencialmente relevante* se existir, da parte afectada pela externalidade, a vontade de modificar o comportamento do agente económico criador da externalidade; modificação que pode ser feita "...através de troca, persuasão, compromisso, acordo, convenção, acção colectiva, etc."<sup>2</sup> Será irrelevante se não existir esse desejo.

<sup>1</sup> Ver HENDERSON, J. e QUANDT, R. (1980), op. cit., 304

<sup>2</sup> BUCHANAN e STUBBLEBINE (1962), op. cit., 373/374

Enquanto a modificação do comportamento do agente económico (criador da externalidade) resultar numa situação em que a parte afectada fique numa situação melhor sem que a parte responsável pela externalidade fique pior, então a *externalidade é Pareto relevante*<sup>1</sup>.

Esquematicamente

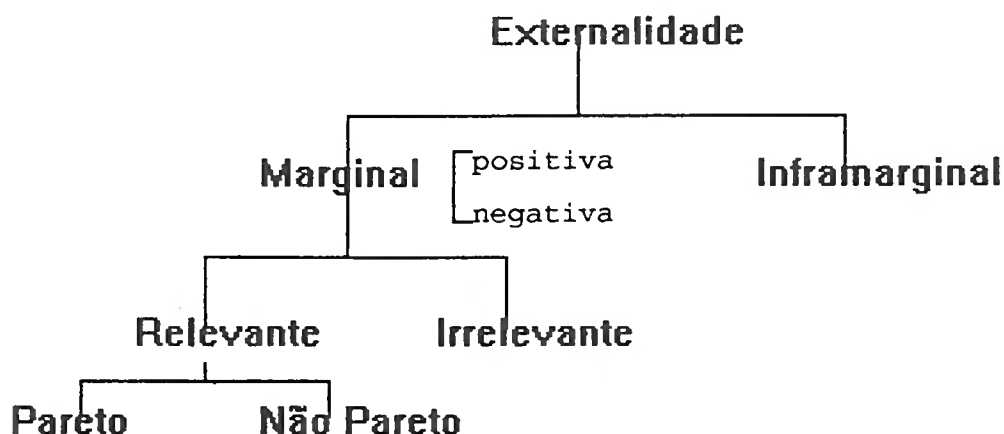


Fig.I.16- O domínio da Externalidade Pareto Relevante

Enquanto existir uma externalidade Pareto-relevante há ganhos com as *trocas* entre as duas partes. Daí a a *argumentação de Coase*. Para que o óptimo social possa ser alcançado é necessário fazer *trocas*, viáveis através de *acordos* entre as partes envolvidas.

O mercado pode ser, com a existência de externalidades negativas, restabelecido mas, para que possam existir trocas, é necessário que os *direitos de propriedade* estejam *bem definidos*<sup>2</sup>. Duas hipóteses são de admitir na transferência de direitos subjacentes a esses acordos.

Primeira, ser a *parte ofendida* com a poluição a *proprietária* do espaço através do qual foi feito o derrame do produto poluente. Neste caso, a vítima pode chegar a *acordo* com o poluidor *transaccionando*

<sup>1</sup> Ver BUCHANAN e STUBBLEBINE (1962), op. cit., 374

<sup>2</sup> Isso significa, no caso dos recursos naturais, a possibilidade, dentro da rivalidade, de existir exclusividade na propriedade e uso dos recursos; são recursos de *propriedade privada*.

os *direitos* que possui *vendendo-os*, recebendo por isso uma determinada quantia a troco da manutenção da poluição.

Segunda, ser a *parte poluidora* a detentora dos *direitos* de propriedade do espaço que está a ser poluído. Nesta hipótese é a vítima da poluição que tem de chegar a *acordo* com o proprietário pagando-lhe alguma *compensação* para ele reduzir o volume de resíduo poluente<sup>1</sup>.

Em termos de fig.I.11 o processo terminaria quando o volume de produção de  $Q_1$  fosse reduzido de  $q_1^*$  para  $q_1^{**}$ ; essa quantia recebida pelo empresário poluidor deveria *compensá-lo*, exactamente, por ele ter deslocado o seu custo marginal para níveis idênticos ao do custo marginal social e ter, por isso, perdido parte do seu excedente (áreas 2 e 3 na fig.I.11). Ambos os intervenientes não perdiam com a troca.

Esta medida, a do acordo entre as partes, pode ser inviável se as características dos bens afectados pela poluição *não* tiverem bem *definidos os direitos de propriedade*.

Se os *direitos* de propriedade forem *indefinidos* ou *atenuados*, os *custos* das possíveis *transacções*<sup>2</sup> entre as duas partes ficam de tal modo *elevados* que nenhuma troca de posição entre os intervenientes se pode realizar. Torna-se muito difícil, ou mesmo impossível, o mecanismo de mercado ser reconstituído em tal situação. E essa

---

<sup>1</sup> Ver capítulo I.C.2.(2)

<sup>2</sup> *Custos* que envolvem as trocas. São dispendidos, por exemplo, na obtenção de informação e nos actos administrativos daquelas trocas. São *nulos* quando existe um *ótimo social*, ou seja, quando, com os recursos existentes, ninguém deseja trocar de posição. Quando este *ótimo* não é atingido há ganhos que seriam obtidos se houvesse comércio entre as partes; se este não se realizar, por falta de informação, por indefinição de direitos de propriedade, etc., esses ganhos não serão alcançados; há *custos de transacção*.

*indefinição existe se, por exemplo, o espaço, sobre o qual se derrama o (sub)produto poluente, for constituído por alguns recursos naturais<sup>1</sup>. É o caso duma rede hidrográfica como a do Vouga.*

As águas desta rede hidrográfica são pertença do domínio público. O Estado detém a *propriedade* dessas águas mas *dificilmente a transfere* definitivamente para que outrem tenha dessas águas um uso exclusivo. Por outro lado, é com *dificuldade* que o Estado, quando existe um uso público das águas dum rio, *faz cumprir a lei*: algumas vezes tem dificuldade em *descobrir os violadores*; outras tem dificuldades em impor as *penalizações* respectivas. Mas, mesmo quando faz cumprir a lei, muitas vezes esse *cumprimento não é efectivo*: é o que se passa quando a *penalização é inferior ao benefício* retirado da violação.

Quando as fábricas de celulose e os orizicultores consomem água do rio Vouga esse uso *não é exclusivo*. O Estado não cobra qualquer importância pela apropriação feita por esses agentes económicos. Mas é *rival* porque, por exemplo, o consumo feito fábricas de celulose afecta a totalidade do recurso. Neste caso, as possíveis externalidades negativas Pareto-relevantes provocadas aos orizicultores e geradas pela poluição das fábricas de celulose tender-se-á manter se o Estado, o proprietário das águas poluídas *não intervier*.

---

<sup>1</sup> É possível que *alguns* utilizadores do bem público possam ser 'subornados' para o não utilizar; mas é duvidoso que *todos* os utentes aceitem essa troca. Se a aceitassem, na prática, não teria qualquer sentido que esse bem permanecesse público. Isso seria admitir a possibilidade de um bem público, onde estivesse a acontecer um uso *rival* (uma *externalidade negativa*), pudesse ter, também, um uso *exclusivo*.

Mas, para atenuar a não rivalidade no consumo das águas do rio, o Estado *pode e deve*, quando existe poluição, intervir.

Pode *impor* às companhias produtoras de celulose o pagamento duma certa importância pela sua actividade produtora poluidora; ou, alternativamente, *regulamentando as quantidades* máximas de *resíduos* poluentes que podem ser escoados para as águas da rede hidrográfica.

Mas, para além da imposição dum tributo sobre o agente poluidor  $r$ , pode o Estado, depois, subsidiar, com o rendimento do imposto, a vítima da poluição. É esta a *argumentação* utilizada por *Pigou*. Em termos da fig.I.11, o lançamento do imposto deslocaria a curva do custo marginal privado até níveis idênticos aos da curva marginal social até que o nível óptimo de produção em termos privados fosse  $q_1^{**}$ .

Mas não é só o agente económico vítima da poluição que deve ser compensado.

Segundo a fig.I.11, quando o nível de produção óptimo passa de  $q_1^*$  para  $q_1^{**}$  o óptimo social é atingido mas, no entanto, a situação do agente económico poluidor piorou. Convém, para que o empresário  $P$  não fique prejudicado com a mudança, que a *melhoria social líquida* originada pela diminuição da poluição seja, também, repartida pelo agente poluidor. Só com um subsídio extra ao agente poluidor se pode compensá-lo pela perda do seu excedente, quando se atinge o ponto socialmente óptimo  $q_1^{**}$ ; só com essa compensação a externalidade negativa é Pareto relevante.

A distinção entre externalidades Pareto relevantes e não-Pareto relevantes ( ou ainda entre Pareto relevantes e irrelevantes) leva-nos à asserção clássica de externalidade - que é a de MARSHALL e de PIGOU: a externalidade que anda associada à ausência de óptimo de Pareto.

Sempre que a argumentação de Coase possa ser aplicada a *existência da externalidade* Pareto relevante, é *efémera*. Pelo contrário, a *existência dos efeitos externos* sobre os diversos agentes económicos pode tornar-se *persistente* se os *custos das trocas* que levam ao óptimo social são demasiado elevados - seja pelo número dos intervenientes, seja pela indefinição dos direitos de propriedade; nesse caso só a intervenção do Estado pode repor a eficiência.

É da maior importância o cálculo do valor do imposto a ser pago pelo poluidor. Com essa imposição é possível repor a eficiência na economia. Como vimos antes o *valor unitário do imposto* deveria igualar o *custo marginal externo* ocasionado à vítima ou vítimas da poluição. Outro modo para estimar a importância a cobrar ao poluidor é o de calcular a receita perdida involuntariamente pelo agente económico vítima da poluição. É o que faremos a seguir.

#### (4) O cálculo teórico da compensação a ser pago à vítima da poluição

Como vimos anteriormente, através das expressões (I.22 e I.23), a existência de poluição, provocada pelo produto  $Q_1$ , originava uma quebra na receita do empresário A, produtor de  $Q_2$ . Isso acontece porque a função de produção do empresário A é afectada pela produção de  $Q_1$ .

Um aumento na produção de  $Q_1$  - o produto que está na origem da poluição - provoca uma diminuição nas quantidades de  $Q_2$ , ou seja  $\partial q_2 / \partial q_1 < 0$ . Isso significa que o empresário vítima verifica uma diminuição involuntária das suas receitas. Para sabermos de quanto é a queda dessa receita vamos retomar as funções de produção (I.14) e (I.15), respectivamente, do empresário P e A, admitindo, agora, que essas funções são *homogêneas de grau um*.

Vamos supor, primeiro, a ausência de poluição.

Se as funções forem homogêneas de grau  $t=1$  então, pelo *Teorema de Euler*, teremos para o empresário P,

$$t \cdot q_1 = L_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1 + D_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1 \quad (\text{I.26})$$

dividindo ambos os membros por  $q_1$  teremos

$$t=1 = \varepsilon_{Q_1 L_1} + \varepsilon_{Q_1 D_1} \quad (\text{I.27})$$

em que  $\varepsilon_{Q_1 L_1}$  é a elasticidade da produção de  $Q_1$  para o factor  $L_1$  e  $\varepsilon_{Q_1 D_1}$  a elasticidade da mesma produção para o factor  $D_1$ .

Com funções homogêneas unitárias a soma das elasticidades de produção é igual a 1. E o mesmo para o empresário A, ou,

$$t \cdot q_2 = L_2 \cdot \partial q_2 / \partial L_2 + D_2 \cdot \partial q_2 / \partial D_2 \quad (\text{I.28})$$

$$\text{e} \quad t=1 = \varepsilon_{Q_2 L_2} + \varepsilon_{Q_2 D_2} \quad (\text{I.29})$$



A totalidade da produção (  $q$  ) é distribuída na remuneração dos factores (  $L \cdot \partial q / \partial L$  e  $D \cdot \partial q / \partial D$  ). É isto que dizem os marginalistas<sup>1</sup>. Se multiplicarmos ambos os membros da equação (I.26) por  $p_1$  então

$$p_1 \cdot q_1 = p_1 \cdot L_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1 + p_1 \cdot D_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1 \quad (\text{I.30})$$

No membro do lado direito da equação (I.30) a parcela  $p_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1$  é igual à taxa de salário,  $w$ , quando existem condições de máximo lucro; e, nas mesmas condições,  $p_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1$  será igual a  $r$ , a renda da terra. Isso significa que a *receita total* do empresário é totalmente canalizada para o *pagamento dos factores*, ou seja,

$$p_1 \cdot q_1 = L_1 \cdot w + D_1 \cdot r \quad (\text{I.31})$$

A expressão (I.30) também pode ser escrita

$$p_1 \cdot q_1 = q_1 / q_1 \cdot p_1 \cdot L_1 \cdot \partial q_1 / \partial L_1 + q_1 / q_1 \cdot p_1 \cdot D_1 \cdot \partial q_1 / \partial D_1 \quad (\text{I.32})$$

e reescrita

$$p_1 \cdot q_1 = p_1 \cdot q_1 (\varepsilon_{qL_1} + \varepsilon_{qD_1}) \quad (\text{I.33})$$

Igualando (I.31) a (I.33) teremos

$$L_1 \cdot w + D_1 \cdot r = p_1 \cdot q_1 = p_1 \cdot q_1 (\varepsilon_{qL_1} + \varepsilon_{qD_1}) \quad (\text{I.34})$$

com  $\varepsilon_{qL_1} + \varepsilon_{qD_1} = 1$

E o mesmo para o empresário A, ou

$$L_2 \cdot w + D_2 \cdot r = p_2 \cdot q_2 = p_2 \cdot q_2 (\varepsilon_{qL_2} + \varepsilon_{qD_2}) \quad (\text{I.35})$$

<sup>1</sup> Ver HENDERSON, J. e QUANDT, R. (1980), op. cit., 108

com  $\varepsilon_{Q_2 L_2} + \varepsilon_{Q_2 D_2} = 1$ .

Se admitirmos, agora, que o empresário A sofre uma *externalidade unidireccional marginal* provocada pela produção de  $Q_1$ , então as funções de produção poderão ser descritas do seguinte modo:

$$q_1 = q_1(L_1, D_1) \quad (\text{I.36})$$

$$\text{e } q_2 = q_2(L_2, D_2, q_1) \quad (\text{I.37})$$

Admitimos, novamente, que o grau de homogeneidade continue a ser unitário. Assim, para o empresário A, teremos

$$1 = \varepsilon_{Q_2 L_2} + \varepsilon_{Q_2 D_2} + \varepsilon_{Q_2 Q_1} \quad (\text{I.38})$$

em que  $\varepsilon_{Q_2 Q_1} = \partial q_2 / \partial q_1 \cdot q_1 / q_2$  representa a sensibilidade (física) do produto afectado ao produto poluente<sup>1</sup>.

O empresário A, mesmo depois de começar a sofrer os efeitos da poluição, continua a remunerar os factores de produção do mesmo modo, ou seja,

$$L_2 \cdot w + D_2 \cdot r = p_2 \cdot q_2 (\varepsilon_{Q_2 L_2} + \varepsilon_{Q_2 D_2}) \quad (\text{I.39})$$

só que, agora, com poluição,

$$1 = \varepsilon_{Q_2 L_2} + \varepsilon_{Q_2 D_2} + \varepsilon_{Q_2 Q_1} \quad \text{ou} \quad 1 - \varepsilon_{Q_2 Q_1} = \varepsilon_{Q_2 L_2} + \varepsilon_{Q_2 D_2}.$$

Então

$$L_2 \cdot w + D_2 \cdot r = p_2 \cdot q_2 (1 - \varepsilon_{Q_2 Q_1}) \quad (\text{I.40})$$

---

<sup>1</sup> Ver NUKAMP, P. (1977), op. cit., 54

$$\text{ou } L_2 \cdot w + D_2 \cdot r = p_2 \cdot q_2 - (p_2 \cdot q_2) \varepsilon_{q_2 q_1} \quad (\text{I.41})$$

A expressão (I.41) significa que, devido aos efeitos da *externalidade negativa* o empresário A, vítima da externalidade, tem *quebras involuntárias de receita*; deve ser, por isso, *compensado* na importância de  $(p_2 \cdot q_2) \varepsilon_{q_2 q_1}$  - que corresponde ao *prejuízo* tido - para que possa fazer a devida remuneração dos factores (a remuneração que está de acordo com o máximo lucro).

O valor total de pagamentos aos factores feitos pelo *empresário poluidor* é

$$L_1 \cdot w + D_1 \cdot r = L_1 \left( p_1 \cdot \frac{\partial q_1}{\partial L_1} + p_2 \cdot \frac{\partial q_2}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial L_1} \right) + D_1 \left( p_1 \cdot \frac{\partial q_1}{\partial D_1} + p_2 \cdot \frac{\partial q_2}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial D_1} \right)^1$$

(I.42)

multiplicando, no 2º membro da equação (I.42), algumas parcelas por

$\frac{q_1}{q_1}$  e outras por  $\frac{q_2}{q_2}$ , vem

$$L_1 \cdot w + D_1 \cdot r =$$

$$\frac{q_1}{q_1} \cdot p_1 \cdot L_1 \cdot \frac{\partial q_1}{\partial L_1} + \frac{q_2}{q_2} \cdot \frac{q_1}{q_1} p_2 \cdot L_1 \cdot \frac{\partial q_2}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial L_1} + \frac{q_1}{q_1} \cdot p_1 \cdot D_1 \cdot \frac{\partial q_1}{\partial D_1} + \frac{q_2}{q_2} \cdot \frac{q_1}{q_1} \cdot D_1 \cdot \frac{\partial q_2}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial D_1}$$

(I.43)

<sup>1</sup> Tendo em conta que o empresário poluidor, P, ao maximizar o seu lucro assume os efeitos que está a causar ao empresário A (ver página 65/66 as equações I.22 e I.23). Assim, o valor de  $w$  e  $r$  será, respectivamente,

$$p_1 \cdot \frac{\partial q_1}{\partial L_1} + p_2 \cdot \frac{\partial q_2}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial L_1} = w \text{ e}$$

$$p_1 \cdot \frac{\partial q_1}{\partial D_1} + p_2 \cdot \frac{\partial q_2}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial D_1} = r$$

ou

$$L_1 \cdot w + D_1 \cdot r =$$

$$p_1 q_1 \cdot \varepsilon_{q_1 L_1} + p_2 q_2 \cdot \varepsilon_{q_1 L_1} \cdot \varepsilon_{q_2 q_1} + p_1 q_1 \cdot \varepsilon_{q_1 D_1} + p_2 q_2 \cdot \varepsilon_{q_1 D_1} \cdot \varepsilon_{q_2 q_1} \quad (\text{I.44})$$

pondo em evidência  $p_1 q_1$  e  $p_2 q_2 (\varepsilon_{q_2 q_1})$

$$L_1 \cdot w + D_1 \cdot r = p_1 \cdot q_1 (\varepsilon_{q_1 L_1} + \varepsilon_{q_1 D_1}) + p_2 \cdot q_2 (\varepsilon_{q_2 q_1}) (\varepsilon_{q_1 L_1} + \varepsilon_{q_1 D_1}) \quad (\text{I.45})$$

como  $1 = \varepsilon_{q_1 L_1} + \varepsilon_{q_1 D_1}$

$$\text{então } L_1 \cdot w + D_1 \cdot r = p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2 (\varepsilon_{q_2 q_1}) \quad (\text{I.46})$$

Devido aos efeitos da *externalidade negativa*, o empresário P tem *aumentos extra de receita*. A receita obtida excede aquela que é necessária para que possa fazer a devida remuneração dos factores (a remuneração que está de acordo com o máximo lucro).

O empresário vítima da poluição tem prejuízos; o poluidor tem, com a sua actividade poluidora, receitas extra num valor idêntico a esses prejuízos; a economia trabalha dum modo ineficiente; logo, o Estado, para repor a eficiência, deve intervir tributando o empresário P na importância de  $(p_2 \cdot q_2) \varepsilon_{q_2 q_1}$  e transferi-la, depois, para o empresário A.

A conclusão "...é que o equilíbrio no mercado pode ser restaurado pelo pagamento dum imposto ...[ igual a  $(p_2 \cdot q_2) \varepsilon_{q_2 q_1}$  ]...sobre a empresa...[P] e subsidiando a empresa...[A] pelo mesmo montante." 1

À empresa provocadora da externalidade deve ser cobrada uma determinada importância que, para não ser arbitrária, deve obrigar o Estado "...a descobrir as apropriadas quotas de imposto e de subsídio...". Para que isso aconteça "...o factor essencial a ser estimado é... $[\varepsilon_{Q_2 Q_1}]$  a percentagem do prejuízo causado pela empresa...[P] na empresa...[A]"<sup>1</sup>.

#### (5) Os efeitos quantitativo e económico da poluição

A queda percentual do produto  $Q_2$  causado pela empresa P é composta por dois factores. Um, o *efeito marginal*, identificado com a derivada  $\frac{\partial q_2}{\partial q_1}$ , é o que mede o *relacionamento*, que se espera inverso, entre as duas produções ; é esse relacionamento que se torna necessário estimar. O outro, o *inverso do efeito médio*  $\frac{1}{q_2/q_1}$ , pondera o efeito marginal.

Assim, para um determinado período de tempo, podemos estimar o efeito marginal dum produto poluente, por exemplo  $Q_1$ , num produto afectado, como  $Q_2$ ; esse efeito permanecerá, para o período estimado, imutável. Mas a sensibilidade ou elasticidade do produto afectado ao produto poluente varia, no mesmo espaço de tempo, consoante o peso da produção de  $Q_1$  em  $Q_2$ . Para um mesmo efeito marginal, o efeito total

cresce com o *inverso do efeito médio*  $\frac{1}{q_2/q_1}$ .

---

<sup>1</sup>NIJKAMP, P. (1977) op.cit., 55

Para além da elasticidade  $\varepsilon_{q_2 q_1} = \frac{\partial q_2}{\partial q_1} \cdot \frac{1}{\frac{q_2}{q_1}}$ , que traduz efeitos percentuais quantitativos - ao nível daquilo que podemos chamar a *sensibilidade física* da produção à poluição -, podemos acrescentar um outro tipo de efeito - que designaremos por *sensibilidade económica* à poluição -  $p_2 q_2 \cdot \varepsilon_{q_2 q_1}$ , em que  $p_2 q_2$  é a receita total tida pelo empresário vítima da poluição. Torna-se, assim, evidente que, para um mesmo nível de elasticidade, a sensibilidade económica à poluição aumenta com a receita auferida pelo empresário afectado pelo produto poluente.

Considerando as diferentes redes hidrográficas de Portugal Continental, suponhamos que, identificados com determinados pontos de *localização industrial*, existem focos ("point source") de resíduos poluentes que se difundem nos cursos de água adjacentes ( ver Fig.I.17) .

Admitindo que esses resíduos poluentes afectem a produção de outras actividades económicas, situadas em áreas a *jusante* da localização industrial, então é possível *calcular*, para cada uma delas, a *elasticidade do impacto da produção industrial poluente e compará-las*.

Posteriormente, através das receitas que são obtidas por cada um dos produtos afectados pela poluição, é possível obter-se, para cada uma das regiões, a *sensibilidade económica aos efeitos poluidores e, igualmente, compará-las*.



- ~~~~~ Curso de Água
- . A Alguns dos Possíveis Focos de Poluição
- //// Possíveis Áreas de External Negativas

Fig.I.17- Possíveis focos de poluição industrial

Toda essa informação, para uma determinada região, pode ser recolhida numa tabela como a I.1.

QUADRO I.1- A POLUIÇÃO e as QUEBRAS DE RECEITA								
REGIÃO "V"								
ANO	EFEITO MARGINAL	PRODUÇÃO POLUENTE	PRODUÇÃO AFECTADA	INVERSO do EFEITO MÉDIO	ELASTICIDADE	PREÇO de (4)	RECEITA de (4)	QUEBRA DE RECEITA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)/(4)	(6)=(2).(5)	(7)	(8)=(7).(4)	(9)=(6).(8)
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Se fizermos o estudo para as várias bacias hidrográficas e quisermos comparar, para um determinado ano de observação, os resultados obtidos então poderíamos utilizar um quadro como o I.2.

QUADRO I.2- COMPARAÇÃO das QUEBRAS de RECEITA DEVIDAS À POLUIÇÃO ANO de 19..

REGIÕES	Elasticidade	Nº de ordem	Receita= p.q	Quebra de Receitas	Nº de ordem
"A"	....	....	....	....	....
"D"	....	....	....	....	....
"V"	....	....	....	....	....
...	....	....	....	....	....

No capítulo seguinte tentaremos construir um quadro semelhante ao I.1. Ficaremos pelo estudo duma só região - a do Baixo-Vouga. Para isso, a necessidade dum trabalho econométrico é, pois, fundamental. Porém, serve esse mesmo trabalho, primeiro, para testar a validade da hipótese formulada anteriormente, qual seja, a de a produção de celulose do distrito de Aveiro ter algumas responsabilidades na explicação da produção de arroz no concelho de Aveiro. Depois, estaremos em condições de estimar as quebras de receita eventualmente existentes que serão, em princípio, próximas da importância do imposto a pagar pelas empresas poluidoras.



## II. A VERIFICAÇÃO ECONOMETRICA DA HIPÓTESE

A observação, feita por diversas instituições, do fenómeno da poluição no Baixo-Vouga e dos possíveis efeitos negativos sobre a produção de arroz em parte da região deve ser *fundamentada econometricamente*. Para isso tenta-se construir um *modelo* que explique a evolução da produção de arroz no local que se pensa ter sido mais afectado: o concelho de Aveiro. Juntamente com alguma *crítica dos resultados* obtidos tentam-se *estimar* as possíveis *perdas de rendimento* dos agricultores no período compreendido entre 1954 e 1970.

### A. O MODELO MATEMÁTICO

Assim, baseados na teoria económica, podemos especificar as características essenciais do fenómeno a estudar; podemos "*construir e elaborar um modelo que represente o fenómeno a estudar.*"<sup>1</sup>

A teoria económica neoclássica <sup>2</sup> ensina-nos que um produtor individual dum bem ou serviço que encaminhe a sua produção para o *mercado*, e que tenha um comportamento *racional*, tem um objectivo a cumprir: *maximizar o seu lucro*.

Para atingir o máximo lucro o empresário tenta que a *diferença* entre as *receitas*, que obtém com a venda da sua produção, e os *custos*, originados pelo emprego de factores ou recursos produtivos, seja a *maior possível*. Algebricamente, e supondo que o empresário use só

---

<sup>1</sup> INTRILIGATOR, M (1978), *Econometric Models, Techniques, and Applications*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 4

<sup>2</sup> INTRILIGATOR, M. (1971), *Mathematical Optimization and Economic Theory*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 189

dois factores produtivos,  $L$  e  $D$ , e que venda o produto  $Q$  num mercado de concorrência perfeita, teremos a definição de lucro:

$$\Pi = p \cdot q - w \cdot L - r \cdot D \quad (\text{II.1})$$

onde

$q = q(L, D)$  é uma função de produção contínua, diferenciável e estritamente côncava<sup>1</sup> e

$p$  = preço do produto  $Q$

$w$  = preço do factor  $L$

$r$  = preço do factor  $D$

As condições necessárias para o empresário obter o máximo lucro exigem que

$$\partial \Pi / \partial L = p \cdot \partial q / \partial L - w = 0 \quad \text{ou} \quad \partial q / \partial L = w / p \quad (\text{II.2})$$

$$\partial \Pi / \partial D = p \cdot \partial q / \partial D - r = 0 \quad \text{ou} \quad \partial q / \partial D = r / p \quad (\text{II.3})$$

O valor das produtividades marginais de cada factor deve ser igual ao custo marginal de cada factor ou, o que é mesmo, quando as produtividades marginais físicas de cada factor forem iguais à razão entre os preços dos factores e o preço do produto.

---

<sup>1</sup> "Se a função de produção é estritamente côncava, um ponto no qual são satisfeitas as condições de primeira ordem é a solução única de máximo lucro." [ ver HENDERSON, J e QUANDT, R. (1980), op.cit., 80 ]

Esta situação pode ser vista geometricamente. Resolvendo a expressão do lucro,  $\Pi = p \cdot q - w \cdot L - r \cdot D$ , em relação a  $q$  obtém-se a recta do *isolucro*

$$q = \frac{\Pi}{p} + \frac{w}{p} \cdot L + \frac{r}{p} \cdot D \quad (\text{II.4})$$

Com esta recta e com a função de produção  $q = q(L, D)$ , côncava em sentido restrito, podemos obter, graficamente, o mesmo resultado de óptimo. Assim, para cada factor teremos duas figuras; na fig.II.1 inscreve-se, na ordenada, o volume de produção  $q$  e, porque, nessa figura, o factor  $D$  é considerado constante, a expressão  $\frac{\Pi}{p} + \frac{r}{p} \cdot D$  da recta do *isolucro* dá a quantidade produzida quando  $L=0$ . Na fig.II.2 acontece o mesmo, só que se considera  $L$  como factor constante.

A condição necessária de máximo lucro é, geometricamente, obtida quando a *curva da produção*, para cada factor, for *tangente* à *recta do isolucro*.

Na fig.II.1, por exemplo, o ponto de tangência<sup>1</sup> verifica-se quando o declive da curva de produção,  $\partial q / \partial L$ , for igual ao declive da recta do *isolucro*, que é dado por  $w/p$ , ou seja, quando  $\partial q / \partial L = w/p$ . Esta última expressão é exactamente igual à dada por (II.2).

---

<sup>1</sup> O que acontece na *região relevante*, limitada pelos  $OAL^{**}$ ; essa região é "...um subconjunto da região económica para a qual a matriz hessiana da função de produção é definida negativa..." ou seja, "...que a função de produção é côncava em sentido restrito nessa região"; a *região económica* pode ser "...ser caracterizada pela não negatividade de todas as derivadas parciais de primeira ordem da função de produção" [ ver JESUS, F. (1992), *Introdução à Teoria Microeconómica*, Publicações D.Quixote, Lisboa, 95 ; no caso das figs.II.1 e II.2 a região relevante identifica-se com a região económica.

Se o produtor observa as condições de máximo lucro, *em princípio*, as quantidades produzidas e as do factor utilizado não são, por isso, quaisquer. São determinadas simultaneamente onde, no gráfico, se verifica a igualdade entre os declives - da curva de produção e do isolucro para cada factor.

Transportando este comportamento individual maximizador para o conjunto da produção de arroz no concelho de Aveiro, vamos admitir uma certa simultaneidade no cálculo da produção de arroz e da respectiva área de sementeira.

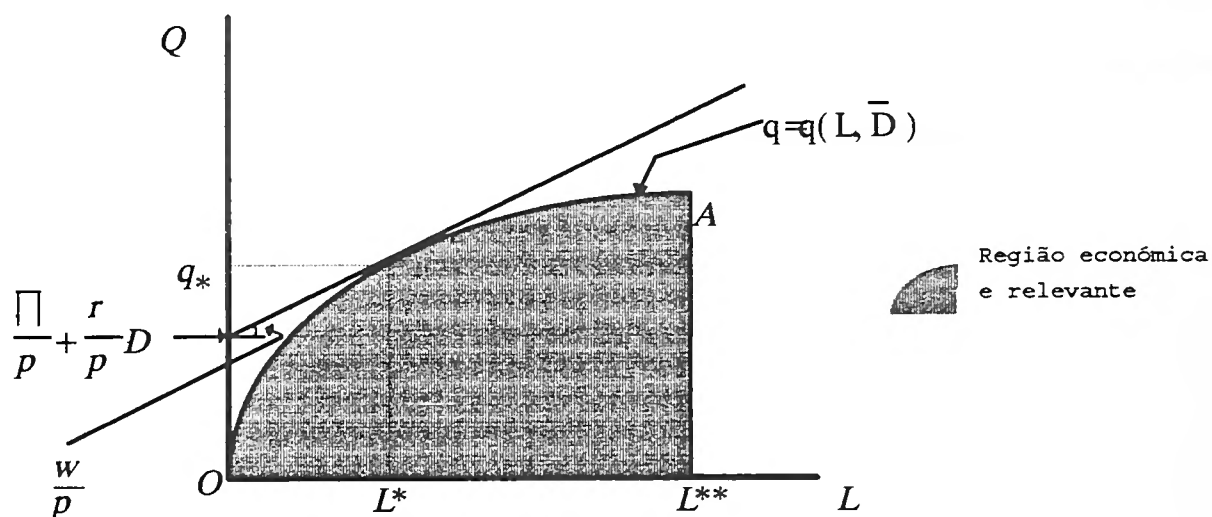


Fig.II.1-A quantidade óptima de  $L$  e de  $q$  obtém-se na região económica e relevante

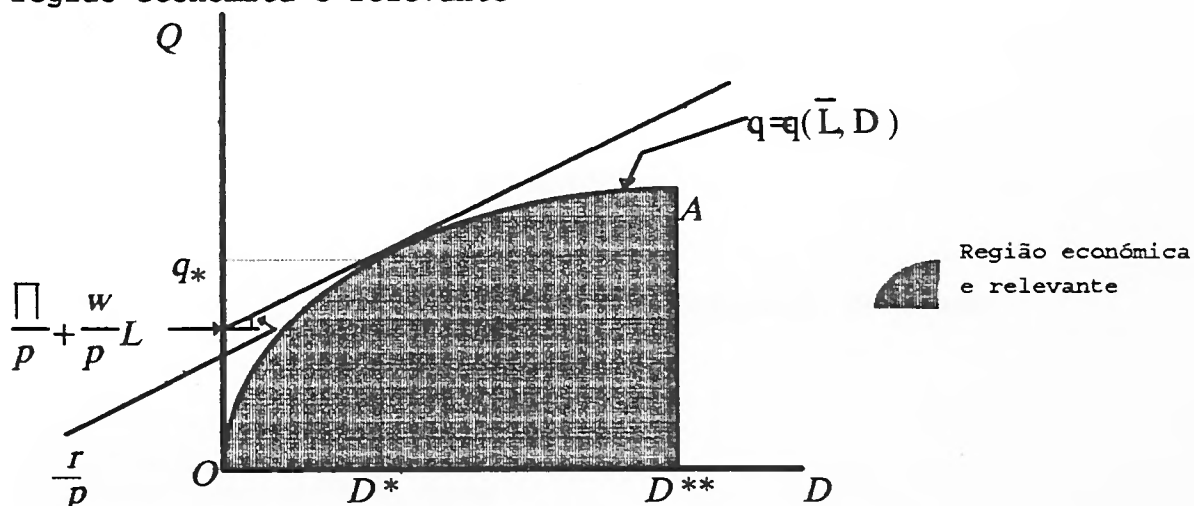


Fig.II.2-A quantidade óptima de  $D$  e de  $q$  obtém-se na região económica e relevante

O modelo teórico que representa a essência do fenômeno pode ser expresso por um *sistema de duas equações* e, conseqüentemente, por *duas variáveis endógenas*, uma referente à *produção de arroz* e outra à *área cultivada com o referido cereal*.

Usando a letra *Y* para representar as *variáveis endógenas* (*dependentes e explicadas ou determinadas pelo modelo* <sup>1</sup>) e a *X* para representar as *variáveis exógenas* (que são *predeterminadas* fora do modelo, *independentes*, e que tentam *explicar* as *variáveis endógenas* <sup>2</sup>) poderíamos, à partida, formular as seguintes *relações funcionais de comportamento*<sup>3</sup> para as *variáveis endógenas*

$$Y_{1t} = f(X_{1t}, Y_{2t-1}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t}, X_{5t}) \quad (\text{II.5})$$

$$Y_{2t} = g(Y_{1t}, X_{2t},)$$

(II.6)

em que

$Y_1$  = área cultivada com arroz

$Y_2$  = produção de arroz

$Y_{2t-1}$  = produção de arroz desfasada de 1 ano

<sup>1</sup> Ver INTRILIGATOR, M.(1978), op.cit., 28

<sup>2</sup> Ver INTRILIGATOR, M.(1978), ibidem

<sup>3</sup> "Uma *equação de comportamento*...especifica a maneira pela qual uma variável se comporta em resposta a mudanças em outras variáveis...As equações de comportamento aparecem comumente na forma de funções, podendo ser lineares ou não-lineares, numéricas ou paramétricas e com uma variável independente ou muitas" [CHIANG, A. (1974), *Matemática para Economistas*, Editora da Universidade de São Paulo-McGraw-Hill, 10 e 31]

$X_1$  = preço do arroz no produtor

$X_2$  = quantidade de mão-de-obra utilizada

$X_3$  = preço da mão-de-obra (taxa de salário)

$X_4$  = renda da terra

$X_5$  = lucro

O segundo subscrito de cada variável, expresso pela letra  $t$ , traduz os *períodos de tempo* para a observação do fenómeno. Considerando o tempo como uma variável discreta, "... $t$  muda de um valor inteiro para outro..."<sup>1</sup> podendo ir de  $t=1$  ano a  $t=T$  anos de observação.

Em princípio, a *produção de arroz*,  $Y_t$ , é função de duas variáveis: da *área de sementeira*,  $Y_1$ , e da *mão-de-obra* utilizada,  $X_2$ . A área, que pode *explicar* a produção, é, também no modelo, passível de ser *explicada*; é, também, ela própria, como a produção, uma variável endógena.

Se no sistema, a variável endógena  $Y_1$  não depender de nenhuma outra variável endógena - cujo valor se tenha de determinar - então o sistema de equações pode designar-se como *recursivo*. Num sistema com estas características "...cada variável endógena pode ser determinada sequencialmente..."<sup>2</sup> Ora, se a área a semear com arroz num determinado ano pode determinar, para esse ano, a produção, já o contrário não vamos admitir; ou seja, para um determinado ano, a área de

<sup>1</sup> CHIANG, A. (1974), op. cit., 480

<sup>2</sup> PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981), *Econometric Models and Economic Forecasts*, McGraw-Hill Book Company, 322

sementeira com arroz pode depender da produção de arroz, mas vamos admitir que essa influência se faz de um modo *desfasado* ou *retardado* no tempo. Assim sendo, a variável  $Y_{2,t-1}$  é uma *variável endógena desfasada* de uma ano e é *predeterminada* no sistema.<sup>1</sup>

Baseados na equação do isolucro, a área  $Y_1$  também pode ser explicada não só pela quantidade de mão-de-obra utilizada,  $X_2$ , e pelo respectivo preço,  $X_3$ , como também pelo preço da terra,  $X_4$ , e do nível de lucro auferido,  $X_5$ .

Mas, no que diz respeito à função de produção, e especialmente na produção agrícola, existem outros factores de produção extra económicos que podem ser levados em consideração. Assim, para além da mão-de-obra e da terra utilizada existem outros *recursos, naturais*, tais como a *temperatura* e a *pluviosidade*, que não tendo qualquer valor mercantil podem, contudo, influir decisivamente na produção.

Vamos, pois, considerar as *temperaturas médias* dos meses relacionados com o processo produtivo, ou seja, de Abril a Setembro <sup>2</sup>. E, como faz FEIO(1991) <sup>3</sup>, vamos considerar as temperaturas médias das estações meteorológicas que mais perto se localizam das áreas de cultivo: Barra/S.Jacinto e Estarreja (ver fig.II.3). E o mesmo para a *pluviosidade*. Só que, para além de se considerarem as precipitações mensais para o referido período, também se leva em linha de conta o total de precipitação ocorrido desde Setembro do ano anterior até

<sup>1</sup> Ver JESUS, F. (1992), op. cit., 23

<sup>2</sup> Desde a sementeira, em Abril, até à colheita, em Setembro [ver FEIO, M.(1991), **Clima e Agricultura**, Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, 90 e SILVA, V. e DUARTE, S. (1975), **Cultura do Arroz**, Ministério da Agricultura e Pescas. INIA, Oeiras, 21]

<sup>3</sup> Ver FEIO, M.(1991),op. cit., 90

Abril (inclusive); com esta precaução consideram-se os eventuais efeitos, sobre a produção, de Outonos/Invernos húmidos ou secos.

Mas outras variáveis independentes podem ser incluídas para explicar o comportamento da produção.

Em primeiro lugar, a *produção de celulose* das fábricas da Portucel de Cacia e da C<sup>a</sup>.do Caima; ambas as unidades fabris escoam, para a rede hidrográfica do Vouga, os seus resíduos poluentes. Investigar se a produção de celulose afecta, e em quanto, a produção de arroz é, aliás, o *objectivo* primordial do nosso estudo.

Em segundo lugar, a *tecnologia* utilizada na produção.

As técnicas tradicionais são a transplantação e a sementeira directa. A primeira teve predominância enquanto se dispôs de mão-de-obra local ou migratória. Nos últimos anos a sua rarefacção e os aumentos salariais, o aperfeiçoamento de herbicidas selectivos e a concorrência de outras culturas exigentes em trabalho braçal, como a do tomate, têm conduzido à preferência pela sementeira directa.<sup>1</sup>

A técnica da transplantação "...compreende duas fases distintas: a produção de plantas em viveiros e a cultura das plantas transplantadas, para a produção de grão."<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> SILVA, V. e DUARTE, S.(1975), op. cit., 3

<sup>2</sup> SILVA, V. e DUARTE, S.(1975), op. cit., 20





O abandono da técnica de transplantação é, para alguns autores, *uma* das razões para a queda da produção de arroz em Portugal. Leiamos, a este respeito, os argumentos de FEIO(1991):

A transplantação, introduzida em Itália antes da Primeira Guerra Mundial, tem grandes vantagens nos climas temperados, onde o começo da estação [de cultivo] é relativamente frio...Em Portugal até à década de 60 só se usava este método, que foi abandonado por se tornar muito dispendioso e pela facilidade de combater as infestantes com herbicidas químicos; mas as produções ressentiram-se.<sup>1</sup>

Também SILVA(1975) admite que " a cultura por plantação é a que permite obter em geral os mais altos rendimentos, mas exige em contrapartida uma mão-de-obra extremamente elevada."<sup>2</sup> Por outro lado "...no nosso país a cultura por plantação tem cedido progressivamente lugar à cultura por sementeira directa..."<sup>3</sup> .

A *técnica* de transplantação, que parece ter, a *nível nacional*, alguma influência na produção de arroz, será, no modelo, uma *variável qualitativa* ("dummy variable"<sup>4</sup> ). Assumirá o valor 1 no período em que se pensa que foi empregue e o valor 0 quando o não foi.. Mas existe alguma dificuldade em saber-se, exactamente, quando é que essa técnica deixou de ser empregue; vamos assumir, com alguma margem de erro, o meio da década de sessenta como a data de transição para a não utilização da referida técnica; 1965 será já um ano em que a variável assume o valor 0.

Deste acréscimo de variáveis independentes - *temperaturas médias mensais, precipitações mensais, precipitação acumulada* de Setembro a

---

<sup>1</sup> FEIO, M.(1991) op. cit., 91

<sup>2</sup> SILVA, V. e DUARTE, S.(1975), op. cit., 117

<sup>3</sup> SILVA, V. e DUARTE, S.(1975), *ibidem*

<sup>4</sup> PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981), op. cit., 111

Abril, produção de celulose e a técnica de transplantação -, que teóricamente se pensa poder ter alguma influência na produção de arroz, algumas delas também podem ter influência na área de sementeira.

É o caso da precipitação acumulada nos meses anteriores ao início da sementeira: Invernos pouco chuvosos geralmente implicam em défices de água para culturas muito necessitadas de água e cuja sementeira se faça na Primavera, como é o caso do arroz<sup>1</sup> ; uma situação dessas poderá estar, eventualmente, na origem duma diminuição da área de sementeira.

É, também, o caso da produção de celulose que, afectando a qualidade da água do rio Vouga, pode, eventualmente, inutilizar alguns terrenos agrícolas.

E, finalmente, a técnica de transplantação que - relacionada como está com o factor produtivo mão-de-obra, e atendendo ao princípio da substituição dos factores produtivos - pode, eventualmente, afectar o factor terra.

Após a reformulação, as duas equações do modelo matemático poderão, em princípio, ser assim esquematizadas:

$$Y_{1t} = f(X_{1t}, Y_{2t-1}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t}, X_{5t}, X_{6t}, X_{7t}, X_{8t}) \quad (\text{II.6})$$

$$Y_{2t} = g(Y_{1t}, X_{2t}, X_{6t}, X_{7t}, X_{8t}, X_{9t}, X_{10t}, X_{11t}, X_{12t}, X_{13t}, X_{14t}, X_{15t}, X_{16t}, X_{17t}, X_{18t})$$

(II.7)

---

<sup>1</sup> Ver SILVA, V. e DUARTE, S.(1975), op. cit., 18

com as variáveis *endógenas*,

$Y_{1t}$  = área cultivada com arroz no período  $t$

$Y_{2t}$  = produção de arroz                   "       "       "

a variável *endógena predeterminada*,

$Y_{2\ t-1}$  = produção de arroz no período  $t-1$

e as variáveis *exógenas*

$X_{1t}$ = preço do arroz, ao produtor,	no período $t$
$X_{2t}$ = quantidade de mão-de-obra utilizada	"       "       "
$X_{3t}$ = preço da mão-de-obra (taxa de salário)	"       "       "
$X_{4t}$ = renda da terra	"       "       "
$X_{5t}$ = lucro	"       "       "
$X_{6t}$ = produção de celulose (Caima+Cacia)	"       "       "
$X_{7t}$ = técnica de transplantação	"       "       "
$X_{8t}$ = precipitação acumulada de Setembro a Abril	"       "       "
$X_{9t}$ = precipitação no mês de Maio	"       "       "
$X_{10t}$ = precipitação no mês de Junho	"       "       "
$X_{11t}$ = precipitação no mês de Julho	"       "       "
$X_{12t}$ = precipitação no mês de Agosto	"       "       "
$X_{13t}$ = temperatura média diária no mês de Abril	"       "       "
$X_{14t}$ = temperatura média diária no mês de Maio	"       "       "
$X_{15t}$ = temperatura média diária no mês de Junho	"       "       "
$X_{16t}$ = temperatura média diária no mês de Julho	"       "       "
$X_{17t}$ = temperatura média diária no mês de Agosto	"       "       "
$X_{18t}$ = temperatura média diária no mês de Setembro	"       "       "

com  $t=1, \dots, T$  (=n° total de períodos de observação)

Feita a escolha das variáveis que, teóricamente, se pensa ser a melhor para explicar o fenómeno, um problema que se pode colocar, a seguir, é o da colheita dos dados referentes às variáveis quantitativas atrás descritas.



## B. OS DADOS

De todas as variáveis quantitativas mencionadas nem todas estão disponíveis para uso público.

O Instituto Nacional de Estatística (I.N.E.) tem disponíveis, para uso público através das Estatísticas Agrícolas e desde 1941 até 1978, os valores da *produção de arroz* e respectiva *área de sementeira*, por *concelho* (ver Anexo II).

Segundo o testemunho oral dos técnicos do I.N.E., a obtenção dos dados referentes à *área* e à *produção agrícola* era, até ao desmantelamento dos organismos corporativos agrícolas, muito fidedigna<sup>1</sup>. No caso da *produção de arroz*, devido à particularidade da sua *sementeira*, a *área de cultivo*, por exemplo, era rigorosamente calculada.

Nessas mesmas estatísticas é possível fazer a *recolha do preço médio do arroz no produtor* e os *salários médios* para os trabalhos agrícolas, por distrito. No caso dos *salários* é mesmo possível obter a diferenciação entre os *salários dos homens* e das *mulheres* (ver Anexo III).

Os dados referentes à *mão-de-obra*, à *renda da terra* e ao *lucro* dos agricultores são mais difíceis, senão impossíveis, de obter. Uma das soluções para substituir a variável *mão-de-obra* é admitir que no modelo já existe uma variável qualitativa, a *técnica de transplantação*, que pode suprir essa falta; as duas variáveis parecem

---

<sup>1</sup> Mais do que acontece hoje, segundo a opinião dos mesmos técnicos.

estar relacionadas<sup>1</sup>. Outra solução, porventura complementar da anterior, é introduzir uma nova variável, teóricamente relacionada com a mão-de-obra agrícola : a *emigração de trabalhadores agrícolas* a nível nacional - dados (ver Anexo IV) fornecidos pela Secretaria de Estado da Emigração (Boletim Anual).

A *produção de celulose* das unidades fabris do Caima e Cacia - unidades poluidoras das águas do Vouga - é contabilizada através da produção de celulose no distrito de Aveiro. A disponibilidade de uso público dos dados referentes a tal produção, publicados pelo I.N.E., através das Estatísticas Industriais ( ver Anexo I), está, contudo, limitada a partir de 1970. Ao abrigo do *sigilo estatístico*, as séries relativas à produção de celulose por *distrito* foram bruscamente interrompidas nesse ano.

Foi possível obter-se, a partir de 1971, produção de pasta celulósica mas só da Portucel de Cacia. Mas, do total da pasta produzida por essa unidade fabril, só utilizaremos a quantidade a ser enviada, para transformação - *pastas enfardadas* - em outras unidades fabris; ou seja, não contabilizaremos a pasta transformada em ( papel) pela própria Portucel de Cacia - *pastas integradas em suspensão* [ver Anexo I.a)]. Assim, de 1971 a 1978 a produção de pasta *peca por defeito*.

Por outro lado, O Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (I.N.M.G.) publica anualmente, com regularidade desde 1940, os Anuários Meteorológicos onde se pode recolher não só as *temperaturas médias diárias* em cada mês (ver Anexo V) como também os níveis de

---

<sup>1</sup> Segundo SILVA, V. e DUARTE, S. (1975), op.cit., 20, o processo de transplantação "...exige uma mão-de-obra extraordinariamente elevada e tem vindo, por isso, a ser gradualmente abandonado"

*precipitação mensal* ( Anexo VI). Há, contudo, a destacar algumas falhas nas séries estatísticas de S.Jacinto/Barra e o facto de as séries de Estarreja só estarem compreendidas entre 1956 e 1977. A solução será suprir essas falhas com os dados de Estarreja e, na falta destes, com os dados de Anadia <sup>1</sup> - a estação meteorológica mais próxima da cultura de arroz do Baixo-Vouga para além de Barra/S.Jacinto e de Estarreja.

A *inexistência* de dados disponíveis para a mão-de-obra, para a renda da terra e para o lucro auferido pelos empresários agrícolas; a *introdução* de outras variáveis, como a emigração, e a *existência* de duas modalidades de salários, para homens e para mulheres, obriga-nos a reformular a simbologia das variáveis exógenas descritas nas expressões (II.6) e (II.7). Assim  $X_2$ ,  $X_3$  e  $X_4$  que expressavam, respectivamente, a quantidade de *mão-de-obra*, os *salários* agrícolas e a *renda* da terra passam, agora, a representar

$X_2$  = a *emigração* nacional de trabalhadores agrícolas

$X_3$  = os *salários* médios dos *homens*, referentes aos trabalhos gerais agrícolas no distrito de Aveiro

$X_4$  = os *salários* médios das *mulheres*, referentes aos trabalhos gerais agrícolas no distrito de Aveiro

Quanto ao símbolo  $X_5$ , que expressava o lucro, será suprimido tal como a respectiva variável.

Finalmente, uma explicação para o critério utilizado na escolha do *período de tempo* a estudar. Temporalmente, parece-nos que o espaço mais conveniente para estudar será o compreendido entre 1954 e 1970.

---

<sup>1</sup> A aleatoriedade dos elementos climáticos não nos permite utilizar valores interpolados médios. Dois anos extremamente *secos* podem ser separados por um ano extremamente *húmido*.

Porquê? Porque 1954 é o ano do início da laboração industrial da fábrica de Cacia, unidade fabril tão atacada pelos agricultores da região do Baixo-Vouga e que originou um aumento considerável da produção de celulose à escala da região e do país; e porque 1970 é o último ano para o qual se dispõe, publicamente, de dados sistemáticos referentes à produção de celulose por distrito - a partir de 1970 só estão disponíveis dados referentes à produção nacional.

### C. O MODELO ECONOMETRICO

O modelo matemático expressa uma *relação teórica* entre variáveis. Com base na teoria económica tentamos encontrar algumas variáveis que pudessem explicar o comportamento da *área de sementeira com arroz* no concelho de Aveiro e *respectiva produção*; depois, baseados em outras fontes de informação, introduzimos outras variáveis que nos pareceram serem capazes de explicar igual comportamento.

Mas o fenómeno em estudo tem características sociais. Existem elementos *aleatórios* que escapam à observação e não são, por isso, contabilizados. Assim, as variáveis explicativas que se encontram nas equações (II.6) e (II.7) não serão, por si só, capazes de *determinar* o real valor das variáveis endógenas. O cálculo dessas variáveis endógenas, feito com variáveis explicativas teóricamente seleccionadas, apresenta sempre uma *margin*, maior ou menor, *de erro*.

Daí a necessidade de introduzir uma *variável aleatória* que expresse todos os possíveis erros cometidos na avaliação teórica do fenómeno. O modelo matemático construído anteriormente torna-se, por isso,



*aleatório* ou *estocástico*<sup>1</sup> com a designação específica de *modelo econométrico*.

Vamos admitir que o modelo econométrico a estudar, para além de *algébrico* e *estocástico*, apresenta uma forma *linear* no que diz respeito aos parâmetros<sup>2</sup>: é *inerentemente linear*<sup>3</sup>. As equações do sistema podem ser representadas do seguinte modo:

$$Y_{1t} = a_0 + a_1 X_{1t} + a_2 X_{2t} + a_3 X_{3t} + a_4 X_{4t} + a_5 Y_{2t-1} + a_6 X_{6t} + a_7 X_{7t} + a_8 X_{8t} + u_t$$

(II.8) e

$$Y_{2t} = b_0 + b_1 Y_{1t} + b_2 X_{2t} + b_3 X_{6t} + b_4 X_{7t} + b_5 X_{8t} + b_6 X_{9t} + b_7 X_{10t} + b_8 X_{11t} + \\ + b_9 X_{12t} + b_{10} X_{13t} + b_{11} X_{14t} + b_{12} X_{15t} + b_{13} X_{16t} + b_{14} X_{17t} + b_{15} X_{18t} + v_t$$

(II.9)

Cada uma das equações, (II.8) e (II.9), representando, respectivamente, a *área de sementeira* e a *produção de arroz*, tem, no membro do lado direito, duas partes: uma *expressão linear*, na qual estão incluídos os *parâmetros*  $a_i$  (com  $i=0, \dots, 8$ ) e  $b_j$  (com  $j=0, \dots, 15$ ) que serão, em princípio, *estimados* e que multiplicam as *variáveis exógenas* predeterminadas - e, no caso da equação (II.9), a *variável endógena*  $Y_1$ ; e um *termo aleatório aditivo*,  $u_t$  ou  $v_t$ , que assumindo um valor ao acaso em cada ano de observação, expressa a *margem de erro* encontrada na *estimação*.

<sup>1</sup> Ver INTRILIGATOR, M. (1978), op. cit., 22

<sup>2</sup> Ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981), op. cit., 107/108

<sup>3</sup> Isto é, "...pode ser expresso numa forma linear através duyma transformação apropriada das variáveis" [ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981), op. cit., 108]

A forma das equações do modelo é *estrutural*; a variável endógena área,  $Y_1$ , aparece, simultaneamente, em ambos os membros das equações<sup>1</sup>. Cada equação determina uma variável endógena em função<sup>2</sup>

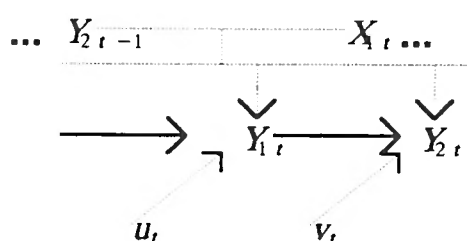
a) das variáveis *predeterminadas* ( que no caso da equação (II.8) também pode ser duma variável endógena desfasada )

b) do respectivo erro aleatório e

c) no caso da equação (II.9) da variável endógena  $Y_1$  a determinar.

O valor de  $Y_1$  - variável endógena na primeira equação - só está dependente de variáveis predeterminadas que se encontram na equação; depois, quando for calculado, há a possibilidade, dum modo sequencial, de determinar o valor de  $Y_2$ . O sistema de equações do modelo é recursivo, pois "...cada uma das variáveis endógenas pode ser determinada sequencialmente"<sup>3</sup>.

A cadeia sequencial pode ser ilustrada do seguinte modo:



<sup>1</sup> Ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L (1981), op. cit., 182. Se o sistema for resolvido em ordem a cada uma das variáveis endógenas, de tal modo que só fiquem variáveis predeterminadas nos membros do lado direito, o sistema apresenta-se na *forma reduzida*.

<sup>2</sup> Ver INTRILIGATOR, M. (1978), op. cit., 359/360

<sup>3</sup> Ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L (1981), op. cit., 322. Se num modelo recursivo existirem  $n$  equações, cada uma das  $n$  variáveis endógenas é calculada em função das  $n - 1$  variáveis anteriores já calculadas - para além das variáveis predeterminadas. Cada uma das equações do sistema é independente uma da outra.

Se os erros aleatórios de cada equação forem independentes das variáveis predeterminadas e forem, igualmente, independentes entre si, ou seja, não estiverem correlacionados [ $\text{Cov}(u_i, v_i) = 0$ ], então as características recursivas do modelo não são alteradas <sup>1</sup>.

O facto de o modelo ser recursivo "...apresenta uma certa vantagem...uma vez que pode ser estimado com a ajuda de procedimentos simples, sendo cada equação tratada independentemente das outras."<sup>2</sup>

## 1. A ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO

O modelo econométrico pode, com alguma *probabilidade*, analisar até que ponto as variáveis, explicativas e as explicadas, estão, e quanto, *relacionadas*. Esse relacionamento faz-se através de *parâmetros*, que é preciso *estimar* com o auxílio da Estatística e das técnicas econométricas.

Com o modelo econométrico, os dados e a estimação estão encontradas as três componentes duma análise de *regressão*<sup>3</sup>. Se admitirmos um modelo linear, com múltiplas variáveis explicativas, então o modelo é de *regressão linear múltipla*.

---

<sup>1</sup> Ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L (1981), op. cit., 322

<sup>2</sup> MALINVAUD, E. (1969), *Méthodes Statistiques de L'Économetrie*, 2e édition, Dunod, Paris, 642

<sup>3</sup> Ver INTRILIGATOR, M. (1978), op. cit., 82

Estimar os parâmetros e as equações dum modelo econométrico exige a observação das seguintes *premissas*<sup>1</sup> básicas para os parâmetros: os eles devem ser

não enviesados<sup>2</sup>, eficientes<sup>3</sup> e consistentes<sup>4</sup>.

Segundo o Teorema de Gauss-Markov, se forem assumidas determinadas condições<sup>5</sup>, o método de estimação dos mínimos quadrados ordinários (OLS) calcula os melhores (mais eficientes) estimadores lineares não enviesados (BLUE).

A falta de algumas dessas condições põe em causa a utilização do OLS como um método não enviesado e eficiente. Por exemplo, se a variância do erro não for constante aparece o problema da heterocedestidade; ou o problema da autocorrelação, se os erros estiverem correlacionados; ou ainda o problema da multicolinearidade, "...se a

<sup>1</sup> Ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L (1981), op. cit., 27/31 e INTRILIGATOR, M. (1978), op. cit., 101/109

<sup>2</sup> O valor esperado  $E$ , para o parâmetro estimado  $\hat{\theta}$ ,  $E(\hat{\theta})$ , deve ser igual ao verdadeiro valor do parâmetro, ou  $E(\hat{\theta}) = \theta$ . Quanto maior for a diferença,  $E(\hat{\theta}) - \theta$ , maior o *enviesamento*.

<sup>3</sup> Se um estimador for *não enviesado* ele será tanto mais *eficiente*, para um determinado tamanho da amostra, quanto *menor* for a *variância* do parâmetro estimado,  $Var(\hat{\theta})$ . O enviesamento e a eficiência podem ser relacionados através do "*erro quadrado médio*" do parâmetro estimado:  $E(\hat{\theta} - \theta)^2 = [Viés(\hat{\theta})]^2 + Var(\hat{\theta})$ ; se  $\hat{\theta}$  for não enviesado,  $[Viés(\hat{\theta})]^2 = 0$ , então o "*erro quadrado médio*" =  $Var(\hat{\theta})$ .

<sup>4</sup> O parâmetro estimado é considerado *consistente* se, aumentando o n° de casos observados da amostra (assintótica), a probabilidade de  $\hat{\theta}$  diferir de  $\theta$  é muito pequena; ou seja, o estimador estará muito perto de  $\theta$  quando cresce o tamanho da amostra, ou

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \text{Prob}(|\hat{\beta} - \beta| < \delta) = 1 \text{ com } \delta > 0.$$

<sup>5</sup> As condições são as seguintes: 1°-o relacionamento entre as variáveis endógenas e as explicativas deve ser *linear*; 2°-as *variáveis explicativas* predeterminadas não devem ser aleatórias, ou seja, para cada período de observação devem ter *valores fixos* e devem ser *independentes*; 3°- o *erro* de cada equação deve ter um *valor esperado nulo* e uma *variância constante*; 4°-finalmente, em cada equação, o *valor dos erros*, para observações diferentes, *não* devem estar *correlacionados* entre si: e. os erros, devem estar *normalmente distribuídos*.

correlação simples entre duas variáveis for maior que a correlação entre qualquer dessas variáveis e a variável dependente".<sup>1</sup>

Num sistema de equações recursivo cada uma das equações do modelo é independente das outras<sup>2</sup> ; isso permite que o método OLS possa ser utilizado para estimar os parâmetros das equações (II.8) e (II.9).

A variável endógena  $Y_t$ , que também aparece no membro direito da segunda equação (II.9), não tem necessariamente de estar relacionada com o termo aleatório  $v_t$ <sup>3</sup> . Por isso "esta propriedade dos modelos recursivos torna [o método] dos mínimos quadrados médios (OLS) um procedimento de estimação apropriado."<sup>4</sup>

A independência das duas equações do modelo permite-nos, pois, que as estimemos individualmente. Começemos pela equação (II.8) associada à variável endógena  $Y_t$ , a área de sementeira de arroz no concelho de Aveiro.

#### a) Estimação da equação (II.8)

A equação

$$\hat{Y}_{1t} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 X_{1t} + \hat{a}_2 X_{2t} + \hat{a}_3 X_{3t} + \hat{a}_4 X_{4t} + \hat{a}_5 Y_{2,t-1} + \hat{a}_6 X_{6t} + \hat{a}_7 X_{7t} + \hat{a}_8 X_{8t}$$

(II.8.a)

tem oito coeficientes de variáveis para serem estimados no período compreendido entre 1954 e 1970, ou seja  $t=1, \dots, 17$ .

<sup>1</sup> PINDYCK, S. e RUBINFELD, L (1981), op. cit., 89

<sup>2</sup> Ver MALINVAUD, E. (1969), op. cit., 642

<sup>3</sup> Admitindo que  $\text{Cov}(u_t, v_t) = 0$

<sup>4</sup> PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981), op. cit., 322

À partida, a inclusão destas variáveis explicativas é ainda teórica; isso significa que não pode ser definitiva. Uma variável que, teoricamente, se pensa estarem altamente relacionadas com  $Y_1$  não o estão em termos estatísticos. Outras variáveis, muito embora estejam, em termos estatísticos, altamente correlacionadas com a variável dependente, estão também correlacionadas entre si. Por causa de casos semelhantes a estes algumas variáveis devem ser excluídas do modelo.

Contudo, à priori, admite-se que todas as variáveis, sugeridas pela teoria, são candidatas a entrar na equação (ver Quadro II.1). Considerando isso vamos escolher o melhor modelo de regressão utilizando a técnica de "stepwise"<sup>1</sup> na modalidade de "forward"<sup>2</sup>.

Muito embora nessa técnica e nessa modalidade, de início, se considerem todas as variáveis como candidatas, contudo algumas delas estão melhor correlacionadas com a variável dependente; isso pode ser visto através da *matriz de correlação* simples (Anexo VII).

A entrada das variáveis no modelo é feita por *passos* ("steps") sucessivos, segundo o critério inicial da correlação. Assim, a variável  $X_4$ =salários médios das mulheres é, à partida, a que melhor se relaciona com  $Y_1$ =área de sementeira com arroz. O índice de correlação entre as duas variáveis,  $r_{YX_4}$ , é extremamente elevado e negativo: -0,96; isso significa - porque se assume que os salários aparecem no modelo como variável explicativa ou causal - que, em princípio, aumentos dos referidos salários originarão diminuições da

---

<sup>1</sup> Utilizando um programa para computador designado por STATGRAPHICS.

<sup>2</sup> A outra é a "backward": ver Statgraphics. Statistical Graphics System (1985). by Statistical Graphics Corporation, 19-26

área cultivada. De quanto? O ritmo desse decréscimo é, precisamente, aquilo que pretendemos estimar.

QUADRO II.1-VALORES das VARIÁVEIS DA EQUAÇÃO (II.8)

ANO	$Y_{1t}$	$X_{1t}$	$X_{2t}$	$X_{3t}$	$X_{4t}$	$Y_{2t-1}$	$X_{6t}$	$X_{7t}$	$X_{8t}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1954	263	2,79	8912	21,64	13,18	490,7	41617	1	738,5
1955	263	2,76	7556	21,49	13,29	466,2	50727	1	1016,6
1956	263	2,56	6848	21,15	13,14	694,0	54095	1	1200,4
1957	263	2,63	11433	21,17	13,30	450,0	58850	1	939,6
1958	263	2,64	9083	21,92	13,15	600,0	58309	1	864,6
1959	250	2,67	8048	22,43	14,89	504,0	69009	1	873,2
1960	250	2,74	8167	24,23	14,87	525,0	83708	1	1263,5
1961	240	2,99	9153	25,97	16,18	310,0	85494	1	1518,7
1962	200	2,99	8201	30,65	19,49	594,0	86916	1	908,8
1963	235	3,04	9216	31,91	19,57	502,3	91982	1	781,6
1964	235	3,06	13375	34,70	21,55	383,9	96113	1	1150,7
1965	220	3,34	17863	39,70	24,15	516,0	93409	0	256,0
1966	200	3,60	26080	45,73	29,34	397,3	98024	0	857,3
1967	180	3,71	17157	50,51	34,11	426,4	95588	0	505,8
1968	160	3,82	12184	58,90	38,95	383,5	103492	0	483,9
1969	160	3,93	15403	63,49	41,28	385,0	140424	0	936,5
1970	160	3,88	14244	69,22	44,41	420,0	130240	0	655,5

**FONTE:**

(2), (3), (5), (6) E (7): I.N.E., *Estatísticas Agrícolas*

(4) : Secretaria de Estado da Emigração, *Boletim Anual*

(8) : I.N.E., *Estatísticas Industriais*

(10): I.N.M.G., *Anuários Meteorológicos*

Associado a esse coeficiente de correlação está um tipo particular da estatística  $F^1$  : o *teste-F parcial*, que é uma medida do *acréscimo de explicação* dada por *uma variável* quando entra no modelo ( em relação ao que falta explicar) e tendo em conta o número de parâmetros já estimados<sup>2</sup> ( ver Anexo VIII.c). Neste *teste-F parcial*, como só há a preocupação pela explicação duma variável ( e não pela totalidade das variáveis admitidas na equação como acontece no *teste F*) o grau de liberdade do numerador é 1.

Para a equação (II.8.a), uma vez entrada a variável  $X_4$ , o valor de  $F$  parcial para o parâmetro estimado é 201,75 ( ver Anexo VIII.a ), um valor muito superior ao *valor crítico de F* - para 1 e 15 graus de liberdade, respectivamente, para o numerador e denominador:  $F(1,15, 0,95)=4,54$  - acima do qual devemos rejeitar a hipótese nula. Assim, com  $F=201,75>4,54$  podemos rejeitar a hipótese  $H_0: \hat{a}_4=0$  correndo um risco de menos de 5% de existir um engano. A variável  $X_4$  deve continuar a fazer parte do modelo.

O passo seguinte é escolher uma possível segunda variável explicativa. Nessa segunda etapa ( e nas seguintes ) o critério a utilizar, para além do  $F$  sequencial, não é o da correlação simples

---

<sup>1</sup> "Esta estatística testa a hipótese nula de todos os coeficientes da regressão com excepção da constante serem nulos.." [INTRILIGATOR, M. (1978), op. cit., 128], ou seja, pode servir para "...testar a significância da estatística  $r^2$ " [PINDYCK, S. e RUBINFELD, L(1981), op. cit., 81] e define-se do

seguinte modo:  $F = \frac{r^2}{1-r^2} \cdot \frac{t-k}{k-1}$  em que  $t$  = nº de observações e  $k$  = nº de parâmetros já estimados (incluindo a constante)

<sup>2</sup> "...o teste-F parcial é um critério útil para adicionar ou renovar termos do modelo. O efeito duma variável [explicativa]  $X$  (digamos  $X_q$ ) na determinação duma resposta pode ser maior quando a equação de regressão inclui somente  $X_q$ . Contudo, quando a mesma variável entra no modelo depois de terem entrado outras, ela pode afectar muito pouco a resposta, devido ao facto de  $X_q$  estar altamente correlacionada com variáveis já incluídas na equação de regressão." [DRAPER, R. e SMITH, H. (1981). *Applied Regression Analysis*. 2nd Edition. John Wilwy & Sons, Inc., New York, 101]



mas sim o da *correlação parcial*<sup>1</sup> entre a variável candidata ( a entrar no modelo) e a variável dependente, mantendo-se *constante* a influência da(s) variável(variáveis) explicativa(s) já escolhida(s). "A ordem de inserção [duma variável] é determinada pelo uso dos coeficientes de correlação parcial como medida da importância das variáveis ainda não inseridas na equação".<sup>2</sup>

A variável que melhor se encontra posicionada (ver Anexo VIII.b) é  $X_3$ =salários médios dos homens; é a que tem um relacionamento mais elevado com  $Y_1$  mantendo-se *constante* a influência de  $X_4$  - ou seja  $r_{Y_1 X_3 X_4}=0,28$ . É, contudo, um índice de correlação parcial baixo; isso é refletido no baixo valor do teste F com que a variável se apresta para entrar no modelo: *F sequencial* ou de *entrada* de 1,19. Isso deve-se à correlação existente entre  $X_3$  e  $X_4$ . A grande influência inicial de  $X_3$  em  $Y_1$  devia-se, em grande parte, à influência de  $X_4$  em  $X_3$ ; uma vez isolada esta influência, o relacionamento entre  $X_3$  e  $Y_1$  reduz-se a pouco.

Esse valor de 1,19 para o F de entrada é igual ao teste-F para *remover* - F parcial - o parâmetro da variável. O valor crítico de F de *remoção* ( com 1 e 14 graus de liberdade e 5% de significância ) é de 4,60. Existem, assim, grandes hipóteses de o parâmetro ser nulo. Não tem, por isso, qualquer significado estatístico a inclusão da variável  $X_3$  no modelo. E o mesmo para as restantes variáveis candidatas, pois têm valores de F ainda mais baixos.

<sup>1</sup> A correlação parcial é uma medida utilizada "...quando, no estudo de uma correlação a mais de duas variáveis, se elimina ou se conserva constante a influência de uma ou mais variáveis..."[GUERREIRO, A. (1979). *Manual de Estatística*. 3ªed.. Lisboa. 119]

<sup>2</sup> DRAPER, R. & SMITH, H., (1981), op. cit., 308

No mesmo Anexo VIII.b), pode ver-se que o programa de computador, para além do F parcial, dá-nos, também, o coeficiente da variável escolhida. No final da sequência, para além desse coeficiente, podíamos sintetizar os seguintes resultados no Quadro II.2.

QUADRO II.2 - RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DA EQUAÇÃO (II.8.a)

VARIÁVEIS INDEPENDENTES	COEFICIENTES	DESVIO- PADRÃO	VALOR DE t	NÍVEL de SIGNIFICÂNCIA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Constante	302,944	6,14599	49,2915	0,0000
Salário Mulheres= $X_4$	-3,495	0,24606	-14,2037	0,0000

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, "Stepwise Variable Selection"

A equação estimada para  $Y_1$ , para dados compreendidos entre 1954 e 1970, é, pois, a seguinte:

$$\hat{Y}_1 = 302,94_{(49,29)} - 3,495_{(-14,20)} \cdot X_4 \quad (\text{II.8.b})$$

em que os valores entre parêntesis dão a significância estatística dos coeficientes estimados. Essa significância é testada pela distribuição *t student*. O valor crítico<sup>1</sup> de *t* para o coeficiente de  $X_4$  é 2,131 (com dois parâmetros estimados e, por isso, com  $t-k=15$  graus de liberdade e para 5% de significância); um valor muito abaixo do encontrado para o coeficiente de  $X_4$  (14,20). É uma conclusão a que já tínhamos chegado pois, quando um só parâmetro é estimado,  $F=t^2$ .

<sup>1</sup> O valor de *t* abaixo do qual o coeficiente desixa de ter significado estatístico.

Com um desvio padrão de 0,24606 e um  $t$  crítico de 2,131, existe, com 95% de confiança, um intervalo, limitado por -4,019 e -2,97, dentro<sup>1</sup> do qual o verdadeiro coeficiente de  $X_4$  está contido (ver Quadro II.3).

QUADRO II.3 - INTERVALOS, COM 95% DE CONFIANÇA, PARA OS COEFICIENTES ESTIMADOS

VARIÁVEIS INDEPENDENTES (1)	COEFICIENTES (2)	DESVIO- PADRÃO (3)	LIMITE INFERIOR (4)	LIMITE SUPERIOR (5)
Constante	302,944	6,14599	289,842	316,048
Salários Mulheres= $X_4$	-3,495	0,24606	-4,01963	-2,97042

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, "Stepwise Variable Selection"

O valor estimado para o coeficiente de  $X_4$  diz-nos que, para o período de 1954 a 1970, um aumento de, por exemplo, 10\$00 (a preços correntes) nos *salários* médios dos trabalhos agrícolas gerais, para as *mulheres* e no distrito de Aveiro, *poderia ocasionar* uma diminuição de 34,95 hectares na área de sementeira com arroz localizada no concelho de Aveiro.

Com a utilização da técnica de "stepwise" procurou-se *minimizar* o número de *variáveis explicativas* minimizando, simultaneamente, a soma (dos quadrados) dos erros encontrados com a estimação. Essa minimização dos erros pode ser vista com a ajuda do Quadro II.5 (Tabela ANOVA<sup>2</sup>) elaborada a partir do quadro II.4.

<sup>1</sup> Limites que são dados pela expressão:

$a_4$  =coeficiente verdadeiro de  $X_4$  =-3,495(=coeficiente estimado)  $\pm$ 0,24606  $\cdot$  2,131

<sup>2</sup> ANalysis Of VAriance

QUADRO II.4 - AS VARIAÇÕES RESIDUAIS

ANO	SALÁRIO/ MULHERES.	ÁREA OBS	ÁREA ESTIM.	VARIA. TOTAL		VARIA EXPLI		VARIA RESID	
	$= X_4$	$= Y_1$	$= \hat{Y}_1$	$Y_1 - \bar{Y}_1$	(6) = (5) (5)	$\hat{Y}_1 - \bar{Y}_1$	(8) = (7) (7)	$Y_1 - \hat{Y}_1$	(10) = (9) (9)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(7)		(9)	
1954	13,18	263	256,8759	+39,18	1534,80	+33,05	1092,46	+6,12	37,50
1955	13,29	263	256,4915	+39,18	1534,80	+32,67	1067,19	+6,51	42,36
1956	13,14	263	257,0157	+39,18	1534,80	+33,19	1101,72	+5,98	35,81
1957	13,30	263	256,4565	+39,18	1534,80	+32,63	1046,91	+6,54	42,82
1958	13,15	263	256,9808	+39,18	1534,80	+33,16	1099,40	+6,02	36,23
1959	14,89	250	250,8995	+26,18	685,21	+27,08	733,11	-0,90	0,81
1960	14,87	250	250,9694	+26,18	685,21	+27,15	736,90	-0,97	0,94
1961	16,18	240	246,3909	+16,18	261,68	+22,57	509,29	-6,39	40,84
1962	19,49	200	234,8225	-23,82	567,56	+11,00	120,98	-34,82	1212,60
1963	19,57	235	234,5429	+11,18	124,91	+10,72	114,90	+0,46	0,21
1964	21,55	235	227,6228	+11,18	124,91	+3,80	14,43	+7,38	54,42
1965	24,15	220	218,5358	-3,82	14,62	-5,29	27,96	+1,46	2,14
1966	29,34	200	200,3967	-23,82	567,56	-23,43	548,82	-0,40	0,16
1967	34,11	180	183,7256	-43,82	1920,50	-40,10	1607,85	-3,73	13,88
1968	38,95	160	166,8098	-63,82	4073,44	-57,01	3250,57	-6,81	46,37
1969	41,28	160	158,6664	-63,82	4073,44	-65,16	4245,45	+1,33	1,78
1970	44,41	160	147,7271	-63,82	4073,44	-76,10	5790,67	+12,27	150,63
SOM					24846,47		23126,61		1719,51
MÉD.		223,8							

QUADRO II.5 - ANOVA

FONTE	Soma Quadrados	Graus de liberdade g.l.	Quadrado Médio	Rácio F
Modelo	23127,0	1	23127,0	201,746
Resíduo	1719,51	15	114,634	
Total	24846,5	16		

$$R^2 = 0,930795$$

$$\text{Erro Padrão da regressão (S.E.R.)} = 10,7067$$

$$\bar{R}^2 (\text{corrig.}) = 0,926181$$

$$\text{Estatística de Durbin-Watson} = d = 1,4098$$

A soma dos quadrados dos erros (resultantes da diferença entre valores realmente observados e os estimados) é designada por variação residual de  $Y_1$  ("ESS"<sup>1</sup>); esse valor, 1719,5118, é obtido na décima coluna do Quadro II.4. Mas outras variações podem ser encontradas: a) a variação, em relação à média, dos valores estimados

<sup>1</sup> Error Sum of Squares

para  $Y_1$  ou "RSS"<sup>1</sup> ;b) e a *variação*, em relação à mesma média, dos valores observados de  $Y_1$  ou "TSS"<sup>2</sup> , considerada a *variação total*.

Relacionando a soma dos quadrados devidos, respectivamente, ao modelo de regressão ("RSS") e à variação total ("TSS") obtém-se o *coeficiente de determinação*  $r^2$ . Este coeficiente dá a percentagem da variação total que é explicada pelo modelo de regressão estimado. E, neste caso, o modelo explica 93,1% da variação total <sup>3</sup> de  $Y_1$ , um valor que traduz bem a realidade da estimação (ver fig.II.4).

Através da média da soma dos quadrados dos resíduos,  $1719,51/15=114,634$ , pode obter-se o desvio padrão da regressão,  $10,7067=114,634^{1/2}$ . Por outro lado, a proporção desse desvio no valor médio da área de sementeira,  $10,7067/224=0,047798$ , é um valor muito baixo.

O valor do teste de Durbin-Watson, para avaliar se a correlação serial dos erros está presente, tem um valor  $d=1,4098$  que é, para o número de observações ( $T=17$ ) e para o número de variáveis explicativas (excluindo a constante), um valor superior ao crítico ( $d=1,38$  ) acima do qual *não existe*, com 5% de significância, *correlação serial positiva* de 1ª ordem para os resíduos.

---

<sup>1</sup> Regression Sum of Squares

<sup>2</sup> Total Sum of Squares

<sup>3</sup> Se se entrar em linha de conta com os graus de liberdade (g.l.) pode calcular o *coeficiente de determinação ajustado ou corrigido*,  $\bar{r}^2$ ; este, ao contrário de  $r^2$ , relaciona variâncias pois "...a variâncis iguala a variação dividida pelo grau de liberdade." [PINDYCK,S. e RUBINFELD, L(1981). op. it., 80]

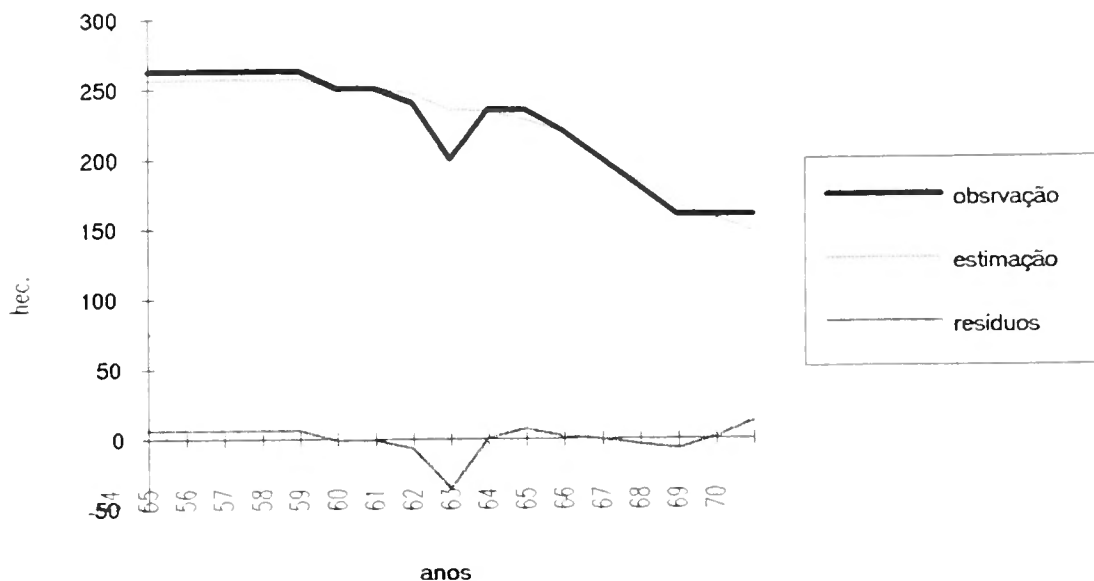


Fig.II.4 - Concelho de Aveiro- Estimação da Área de sementeira com arroz

Por último, o teste-F, obtido relacionando os quadrados médios do modelo estimado e dos resíduos, ou seja  $23127,0/114,634=201,746$ , é um valor idêntico ao F parcial, encontrado quando a variável  $X_4$  entrou no modelo. Isso acontece quando só dois parâmetros (incluindo a constante) são estimados. E a explicação é a mesma: estatisticamente, são ínfimas as probabilidades da variável explicativa  $X_4$  ser removida do modelo.

#### **b) Estimação da equação (II.9)**

Estimemos, agora, a equação (II.9)

$$\hat{Y}_{2t} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 Y_{1t} + \hat{b}_2 X_{2t} + \hat{b}_3 X_{6t} + \hat{b}_4 X_{7t} + \hat{b}_5 X_{8t} + \hat{b}_6 X_{9t} + \hat{b}_7 X_{10t} + \hat{b}_8 X_{11t} + \hat{b}_9 X_{12t} + \hat{b}_{10} X_{13t} + \hat{b}_{11} X_{14t} + \hat{b}_{12} X_{15t} + \hat{b}_{13} X_{16t} + \hat{b}_{14} X_{17t} + \hat{b}_{15} X_{16t} \quad (\text{II.9.a})$$

cuja variável endógena,  $Y_2$ , é a produção de arroz no concelho de Aveiro. Para a estimação vai utilizar-se a mesma técnica ("stepwise-

forward") para selecionar as variáveis explicativas mais significativas.

Os dados para a estimação podem ser encontrados no Quadro II.6.

A variável  $X_{17}$ =temperatura média diária no mês de Agosto é, à partida, a que melhor está relacionada com  $Y_2$ =produção de arroz no concelho de Aveiro ( ver Anexos IX e X.a). Se for escolhida apresentará um valor de F-parcial de 5,52, superior ao valor crítico de F (1,15 g.l.)=4,54 para 5% de significância. É uma variável que deve, estatisticamente, ser aceite no modelo. Com essa variável, o modelo explica 26,9% do total da variação da variável dependente (ver Anexo X.b).

A segunda candidata - melhor correlacionada com  $Y_2$  dada a temperatura média diária em Agosto - é  $X_6$ =produção de celulose no distrito de Aveiro que também será mantida no modelo; o seu coeficiente apresenta um valor<sup>1</sup> para o teste F parcial de 10,3022 que é superior ao valor crítico de 4,60 (1,14 g.l.).

No terceiro passo escolhe-se a variável  $X_{12}$  (precipitação no mês de Agosto) que também é significativa (ao nível de 5%) e será, por isso, mantida na equação.

---

<sup>1</sup> Valor que é a *explicação adicional*,  $0,57695-0,26911=0,30784$ , transposta para o modelo pela variável  $X_6$ , relacionada com a *variação total* de  $Y_2$  que ainda *falta explicar*,  $1-0,57695=0,42305$  e desada pelos *graus de liberdade* existentes. 14: ou seja. F parcial= $(0.30784/0.42305)*14$  (ver Anexos X.b e X.c)

QUADRO II.6- VALORES DAS VARIÁVEIS DA EQUAÇÃO (II.9.a)

ANO (1)	$Y_{2t}$ (2)	$Y_t$ (3)	$X_{2t}$ (4)	$X_{6t}$ (5)	$X_{7t}$ (6)	$X_{8t}$ (7)	$X_{9t}$ (8)	$X_{10t}$ (9)
1954	466,2	263	8912	41617	1	738,5	16,1	32
1955	694	263	7556	50727	1	1016,6	41,5	82,7
1956	450	263	6848	54095	1	913,7	145,7	8,6
1957	600	263	11433	58850	1	760,9	64,35	27,25
1958	504	263	9083	58309	1	830,9	46,3	104,7
1959	525	250	8048	69009	1	877,5	76,6	32,65
1960	310	250	8167	83708	1	1445	111,5	13,9
1961	594	240	9153	85494	1	1460	47,55	55,85
1962	502,3	200	8201	86916	1	920,9	31,55	7,0
1963	383,9	235	9216	91982	1	906	33,25	76,35
1964	516	235	13375	96113	1	1161	22,65	50,25
1965	397,3	220	17863	93409	0	445,7	39,35	7,3
1966	426,4	200	26080	98024	0	1321	26,5	25
1967	383,5	180	17157	95588	0	618	77,75	2,95
1968	385	160	12184	103492	0	633,2	95,15	1,75
1969	420	160	15403	140424	0	1141	64,6	39,85
1970	426,4	160	14244	130240	0	70,7	137,5	106,85

ANO	$X_{11t}$ (10)	$X_{12t}$ (11)	$X_{13t}$ (12)	$X_{14t}$ (13)	$X_{15t}$ (14)	$X_{16t}$ (15)	$X_{17t}$ (16)	$X_{18t}$ (17)
1954	3,2	13,5	13,6	14,9		16,5	17,3	16,9
1955	1	2,2	14,8	15,9	17	17,9	19,2	17,6
1956	39,65	80,9	13,3	16,05	19,2	18,35	17,6	17,4
1957	18,7	9,3	13,3	14,7	16,6	18,9	19,2	18,5
1958	20,5	33,3	13,35	15,1	16,6	17,85	17,8	18,8
1959	0	17,1	13,75	15,55	18,35	19,35	20,1	19,1
1960	7,3	70,3	14,2	16	18,45	18,1	17,95	17,15
1961	19,4	13,7	14,25	17,95	18,05	19,3	19,5	17,95
1962	24,6	0,35	13,7	15,35	18,8	18,05	18,6	18,8
1963	3,65	8	13	14,95	16,8	18,9	17,1	16,75
1964	7,4	1	12,2	15,9	18	18,9	19,95	19,75
1965	6,55	1,2	12,95	15,95	17,4	17,1	16,2	16,1
1966	0,6	22,65	13,1	15,8	17,4	17,8	17,65	18,25
1967	0,25	21,7	13,1	13,4	18	19	18,4	17,75
1968	1,6	7,55	12,4	15	17,6	19,2	18,8	17,5
1969	0,15	1,35	12,6	14,9	17,8	21	19,6	17,25
1970	1	10,4	12,05	15,7	17,2	19,15	18,2	19,1

FONTE: (2), (3): I.N.E., *Estatísticas Agrícolas*; (4): Secretaria de Estado da Emigração, *Boletim Anual*

(5): I.N.E., *Estatísticas Industriais*; (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17): I.N.M.G., *Anuários Meteorológicos*



Na selecção da possível quarta variável explicativa, o valor crítico de  $F$  parcial a utilizar é 4,75. A variável candidata a entrar no modelo, *temperatura média diária no mês de Maio* =  $X_{14}$ , terá um  $F$  de remoção com um valor de 5,1221. É, por isso, uma variável que permanecerá no modelo.

Existe uma outra variável, a *precipitação ocorrida no mês de Junho* =  $X_{10}$ , que apresenta uma *correlação parcial* de 0,459; mas a explicação adicional que traz ao modelo não é, estatisticamente, significativa ao nível dos 5% . O seu valor de  $F$  parcial, de 2,935, é inferior ao valor crítico de 4,84; se entrasse teria de ser removida do modelo. E isso aconteceria com qualquer uma das outras variáveis explicativas, ainda não entradas, pois têm todas um valor de  $F$  de entrada inferior ao de  $X_{10}$ .

A hipótese dos parâmetros estimados para as variáveis explicativas serem todos nulos (ou seja, de  $Y_2$  não serem relacionada com qualquer das variáveis explicativas seleccionadas pela técnica de "stepwise"), não é significativa. O rácio encontrado (no Quadro II.8 construído na base do Quadro II.7) para o teste  $F$  (12,8225) é superior ao valor crítico de  $F$  (4,12 g.l.)=3,26 ao nível de 5%. Assim, e para o período de tempo copreendido entre 1954 e 1970, as quatro variáveis independentes seleccionadas são, estatisticamente, significativas na explicação da produção de arroz no concelho de Aveiro.

Os coeficientes das variáveis da equação podem ser observadas no Quadro II.7; e baseados nesses valores podemos descrever a equação estimada:

$$\hat{Y}_2 = \underset{(-1,7525)}{-486,679} - \underset{(-5,1040)}{0,00243 \cdot X_6} + \underset{(2,2632)}{30,057 \cdot X_{14}} + \underset{(3,3888)}{39,735 \cdot X_{17}} - \underset{(-3,4162)}{1,956 \cdot X_{12}} \quad (\text{II.9.b})$$

A partir da estatística  $t$  (entre parentesis) pode concluir-se que, dos parâmetros estimados, é o referente à *produção de celulose* aquele que tem as maiores probabilidades de *não ser nulo*<sup>1</sup>.

**QUADRO II.7- RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DA EQUAÇÃO (II.9.a)**

VARIÁVEIS INDEPENDENTES	COEFICIENTES	DESVIO-PADRÃO	VALOR de $t$	NÍVEL de SIGNIFICÂNCIA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Constante	-486,679	277,7029	-1,7525	0,1052
Celulose= $X_6$	-0,00243	0,000476	-5,1040	0,0003
TempMaio= $X_{14}$	30,0574	13,28086	2,2632	0,0430
TempAgos= $X_{17}$	39,7349	11,72536	3,3888	0,0054
ChuvAgos= $X_{12}$	-1,9565	0,572705	-3,4162	0,0000

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

**QUADRO II.8 - INTERVALOS, COM 95% DE CONFIANÇA, PARA OS COEFICIENTES ESTIMADOS**

VARIÁVEIS INDEPENDENTES	COEFICIENTES	DESVIO-PADRÃO	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Constante	-486,679	277,7029	-1091,90	118,540
Celulose= $X_6$	-0,00243	0,000476	-0,00347	-0,00139
TempMaio= $X_{14}$	30,0574	13,28086	1,11342	59,0014
TempAgos= $X_{17}$	39,7349	11,72536	14,1809	65,2888
ChuvAgos= $X_{12}$	-1,9565	0,572705	-3,20464	-0,70836

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

Por outro lado, podemos afirmar, com 95% de probabilidades e para o respectivo período de tempo, que o verdadeiro valor do coeficiente de  $X_6$  está compreendido entre -0,00347 e -0,00139 ( ver Quadro II.8)

<sup>1</sup> É essa, aliás, a conclusão que também pode ser obtida no final de todos os passos do "stepwise" (ver Anexo X.e) onde para todos os valores de  $F$  parcial se tem  $F_{\text{parcial}} = t^2$

A explicação dada pelo modelo pode considerar-se aceitável. Com efeito, a variação total, em relação à média, da produção de arroz é explicada em 81,0% pela equação de regressão estimada; essa explicação, ajustada aos graus de liberdade, passa para 74,7% (ver Quadro II.10 elaborado a partir do Quadro II.9 ). Esse valor reflete-se no gráfico da Fig.II.5 onde a curva estimada se ajusta relativamente bem aos valores observados.

QUADRO II.9 -AS VARIAÇÕES RESIDUAIS

ANO	PROD. CELU.	TEM MAI=	TEMP AGOS	CHU AG=	ARRO OBS	ARROZ ESTIM.	VARIA TOTAL		VARIA EXPLI		VARIA RESID	
	$= X_6$	$X_{14}$	$= X_{17}$	$X_{12}$	$= Y_2$	$= \hat{Y}_2$	$Y_2 - \bar{Y}_2$	<sup>(9)=</sup> <sub>(8)(8)</sub>	$\hat{Y}_2 - \bar{Y}_2$	<sup>(11)=</sup> <sub>(10)(10)</sub>	$Y_2 - \hat{Y}_2$	<sup>(13)=</sup> <sub>(12)(12)</sub>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		(10)		(12)	
1954	41617	14,9	17,3	13,5	466,2	521,092	-3,4471	11,8825	+51,4449	2646,578	-54,892	3013,132
1955	50727	15,9	19,2	2,2	694	626,627	+224,3529	50334,22	+156,9799	24642,69	+67,373	4539,121
1956	54095	16,05	17,6	80,9	450	406,905	-19,6471	386,0085	-62,7421	3936,571	+43,095	1857,179
1957	58850	14,7	19,2	9,3	600	556,936	+130,3529	16991,88	+87,2889	7619,352	+43,064	1854,508
1958	58309	15,1	17,8	33,3	504	467,689	+34,3529	1180,122	-1,9581	3,834156	+36,311	1318,489
1959	69009	15,6	20,1	17,1	525	579,813	+55,3529	3063,944	+110,1659	12136,53	-54,813	3004,465
1960	83708	16	18,0	70,3	310	368,604	-159,647	25487,2	-101,043	10209,71	-58,604	3434,429
1961	85494	18,0	19,5	13,7	594	594,721	+124,3529	15463,64	+125,0739	15643,48	-0,721	0,519841
1962	86916	15,4	18,6	0,4	502,3	503,378	+32,6529	1066,212	+33,7309	1137,774	-0,078	1,162084
1963	91982	15,0	17,1	8	383,9	404,578	-85,7471	7352,565	-65,0691	4233,988	-20,678	427,5797
1964	96113	15,9	20,0	1	516	550,522	+46,3529	2148,591	+80,8749	6540,749	-34,522	1191,768
1965	93409	16,0	16,2	1,2	397,3	408,712	-72,3471	5234,103	-60,9351	3713,086	-11,412	130,2337
1966	98024	15,8	17,7	22,7	426,4	409,029	-43,2471	1870,312	-60,6181	3674,554	+17,371	301,7516
1967	95588	13,4	18,4	21,7	383,5	372,579	-86,1471	7421,323	-97,0681	9422,216	+10,921	119,2682
1968	103492	15	18,8	7,6	385	444,953	-84,6471	7165,132	-24,6941	609,7986	-59,953	3594,362
1969	140424	14,9	19,6	1,4	420	396,159	-49,6471	2464,835	-73,4881	5400,501	+23,841	568,3933
1970	130240	15,7	18,2	10,4	426,4	371,704	-43,2471	1870,312	-97,9431	9592,851	+54,696	2991,652
SOMA								149512,3		121164,3		28348,01
MÉD.						469,6471						

QUADRO II.10 - ANOVA

FONTE	Soma Quadrados	Graus de liberdade g.l.	Quadrado Médio	Rácio F
Modelo	121164,3	4	30291,1	12,8227
Resíduo	28348,0	12	2362,3	
Total	149512,3	16		

$r^2=0,810396$  Erro Padrão da regressão(S.E.R.)=48,6035

$\bar{r}^2$ (corr.)=0,747195 Estatística de Durbin-Watson=d=1,48966

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

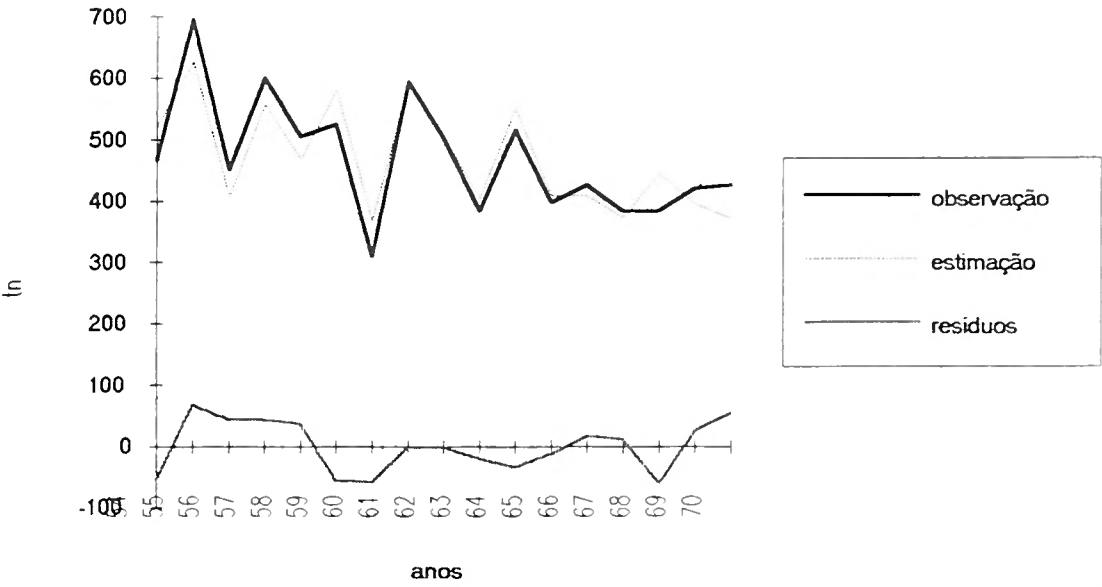


FIG.II.5- Concelho de Aveiro- Estimação da Produção de Arroz

O valor da *variância do resíduo*, 2362,3, que nos permite calcular a estatística F, dá-nos, também, o *desvio padrão da regressão* (SER):  $(2362,3)^{1/2}=48,6035$  que representa cerca de 10,3% da média da produção de arroz.

Se o problema da *multicolinearidade* não se põe ( os coeficientes das variáveis explicativas selecionadas apresentam, entre si, baixos níveis de correlação, ver Quadro II.11), já o problema com a *autocorrelação* dos resíduos merece alguma atenção.

QUADRO II.11- MATRIZ de CORRELAÇÃO PARA OS COEFICIENTES ESTIMADOS

	Constante	$X_6$	$X_{14}$	$X_{17}$	$X_{12}$
Constante	1,00000	-0,1312	--0,6154	-0,6645	-0,1598
$X_6$	-0,1312	1,00000	0,0192	-0,0503	0,2916
$X_{14}$	-0,6154	0,0192	1,00000	-0,1569	-0,1642
$X_{17}$	-0,6645	-0,0503	-0,1569	1,00000	0,2583
$X_{12}$	-0,1598	0,2916	-0,1642	0,2583	1,00000

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

Se o resíduo de um determinado ano está relacionado com o resíduo do ano anterior, isto é, se existe *autocorrelação* de 1ª ordem dos resíduos<sup>1</sup>, então é a *eficiência*<sup>2</sup> dos coeficientes estimados que pode ser posta em causa. Existe, como já vimos anteriormente, uma estatística que permite testar a autocorrelação dos resíduos: a de DURBIN-WATSON.

Através do Anexo X.g), podemos observar que, com valores acima de  $d_u=1,90$ , podemos aceitar a hipótese de não haver correlação serial positiva de 1ª ordem, afirmação essa que poderá ter uma margem de erro de 5%. Mas o valor encontrado para a estatística  $d=1,49$  cai dentro da *região de indeterminação*; por isso, ficamos numa *situação inconclusiva* acerca da existência de autocorrelação positiva entre os resíduos.

Por outro lado, e segundo o mesmo Anexo X.g), só em valores para  $d$  superiores a 3,22 é que se poderia admitir uma correlação serial negativa de 1ª ordem, o que não é o caso.

Segundo PINDYCK e RUBINFELD (1981),

a região de indeterminação do teste estatístico é devida ao facto de a sequência de resíduos ser influenciada pelo movimento das variáveis independentes na equação de regressão. Nessa região, é possível que a aparente correlação dos erros seja devida à autocorrelação das variáveis independentes e não à correlação serial dos erros.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981), op.cit., 153

<sup>2</sup> Ver PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981). . ibidem

<sup>3</sup> PINDYCK, S. e RUBINFELD, L. (1981), op.cit., 159

## 2. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DAS EQUAÇÕES (II.8) E (II.9)

Em face dos resultados, obtidos através da equação (II.8b) e do do Quadro II.5, podemos ter alguma certeza acerca do papel negativo da variável  $X_4 = \text{salários das mulheres}$ , empregues nos arrozais do concelho de Aveiro, sobre a produção de arroz na mesma região. Gráficamente (Fig.II.4) o ajustamento dos valores estimados em relação aos valores observados é quase perfeito; muito embora existam casos pontuais, 1962 e 1970, que exigem uma explicação específica. a tendência é, dum modo geral, bem explicada pelo modelo estimado.

É uma explicação plausível essa, a da área de sementeira com arroz estar estreitamente condicionada pela evolução geral dos salários, . A cultura deste cereal exige - ou exigia quando, até aos anos sessenta, a utilização da técnica de transplantação era muito utilizada - muita mão-de-obra.

O acréscimo nominal do custo deste desse factor de produção, para o período de tempo considerado, atinge 236,95% enquanto a variação percentual do preço do cereal foi sómente de 39,07%; daí que se possa considerar para o empresário, e na hipótese de serem mantidas constantes todas as outras variáveis, uma diminuição das perspectivas de lucro para o cultivo de arroz.

Na segunda equação estimada, (II.9.b), podem observar-se relacionamentos negativos entre a variável endógena e duas variáveis explicativas, a *produção de celulose*, por um lado, e a *precipitação* ocorrida, durante os anos de observação, no *mês de Agosto*.

O relacionamento inverso verificado entre as duas produções, de celulose e de arroz, é muito importante pois confirma, de certo modo, a hipótese avançada inicialmente quanto à existência de externalidades negativas.

De facto, com base na referida equação e nos Quadros II.7 e II.10, podemos afirmar que, durante o período de 1954 a 1970 e com os dados disponíveis, existe uma grande probabilidade (superior a 95%) de, estatisticamente, a produção de arroz do concelho de Aveiro ser negativamente afectada pela produção de celulose das fábricas do Caima e de Cacia.

Pode estimar-se, com base na referida equação (II.9b), que um aumento de produção de celulose na ordem de, por exemplo, 30000 tn, pode ocasionar uma diminuição involuntária de 72,9 tn de produção de arroz - mantendo-se constante a influência de todas as outras variáveis explicativas. Se assim for estaremos, na região do Baixo-Vouga, perante o dito fenómeno de externalidades negativas.

De igual modo, e segundo a estimação, a pluviosidade caída no mês de Agosto pode ter consequências nefastas para a produção de arroz. Uma precipitação de , por exemplo, 10mm verificada no referido mês pode originar uma diminuição aproximada de 19,6 tn na produção de arroz, independentemente da acção negativa que a produção de celulose possa ter.

Muito embora a água seja um elemento importante na cultura do arroz<sup>1</sup>, na última fase do ciclo vegetativo, a da maturação, a quantidade de

---

<sup>1</sup> "...a cultura do arroz faz-se em terreno permanentemente alagado" e estima-se que sejam necessários, em média e por ano, 40 000m<sup>3</sup>, em terras salgadas e 20 000m<sup>3</sup> de água em terras doces [ver SILVA, V. e DUARTE, S.(1975), op. cit.,18

*água* não parece ser tão importante quanto a *radiação solar*. Assim, a pluviosidade e a radiação solar, estando inversamente relacionadas, provocam, nessa fase de maturação, efeitos contrários no referido cereal. Já vimos antes que a existência de precipitação em Agosto pode ocasionar uma diminuição da produção de arroz; essa mesma precipitação, ao aumentar a nebulosidade, faz diminuir a energia solar recebida pela planta - e parece que nesse mês a energia solar é muito importante; por isso é que, segundo a equação estimada, um aumento médio de  $1^{\circ}\text{C}$  no referido mês de Agosto pode aumentar a produção de arroz em, aproximadamente, 39,73 tn.<sup>1</sup>

Também o mês de Maio parece ser um mês importante para a produção de arroz, nesse lugar e nesse período; assim, e segundo a equação estimada, uma diminuição de  $1^{\circ}\text{C}$ , em relação à média, pode provocar uma diminuição de 30,06 tn na produção do mesmo cereal.

### 3. OS USOS DA EQUAÇÃO (II.9) ESTIMADA

Para o período de tempo que vai de 1954 a 1970, na base do qual foi estimado a equação (II.9), é possível simular o comportamento da produção de arroz. Isso pode ser visto através da Fig.II.5.

Mas a estimação dessa equação permite-nos, também, *simular as perdas de rendimento*, sofridas pelos orizicultores do concelho de Aveiro, por causa da *produção de celulose*.

---

<sup>1</sup> Esta questão parece ser de importância crucial na produtividade do arroz. FEIO(1991) faz curiosas comparações entre as produtividades médias do arroz em Goa (clima tropical húmido-seco de Monção); para os anos de 1980/82, havia uma diferença significativa entre a produtividade nas duas estações: uma na *estação das chuvas* (1997 kg/ha) e outra na *estação seca* (2619 kg/ha). Nas regiões mediterrânicas, onde a cultura se faz na estação quente e seca, as produtividades - desde que haja água para a rega - atingem os valores mais elevados do globo (como, por exemplo, em Valência com 6600 a 7000 kg/ha) [ver FEIO, M<sub>J</sub>(1991), op. cit. 91,92 e 93.]



Para isso, e tal como admitimos no capítulo I.C.2.(5), vamos elaborar um quadro idêntico ao I.1. Em primeiro lugar, calculam-se as variações percentuais da produção de arroz derivadas dos aumentos percentuais da produção de celulose; ou seja, para cada ano podemos calcular o valor da *elasticidade*  $\varepsilon_{Y_2 X_6} = \frac{\partial Y_2}{\partial X_6} \cdot \frac{X_{6t}}{Y_{2t}}$  (ver coluna 6 do Quadro II.12).

É visível que, ao longo desses 17 anos de observação, a produção de arroz vai-se tornando, progressivamente, *mais sensível* à produção de celulose; duma elasticidade de -0,22, em 1954, passa-se para -0,74 em 1970; uma vez que o efeito marginal estimado se mantém o mesmo, para o período considerado, esse acréscimo de sensibilidade deve-se ao aumento do peso da produção de celulose na produção de arroz. A existência da externalidade negativa faz-se sentir cada vez com maior peso.

Como se viu no capítulo I, as externalidades originam, nos agentes económicos que as sofrem, uma quebra involuntária de receitas. No caso concreto dos orizicultores do concelho de Aveiro, em *consequência da equação estimada*, eles *perdem*, em 1954, aproximadamente e a *preços correntes*,  $0,21692 \cdot 1300,7 = 255,45$  contos (oitava coluna do mesmo Quadro II.12); em princípio, e segundo a teoria, deveria ser esta a importância do *subsídio* a conceder aos orizicultores da região; deveria ser, também, este o valor do *imposto* a ser pago pelas referidas empresas industriais produtoras de celulose.

Por outro lado, em 1970, as quebras de receita atingem valores muito mais significativos - superiores a 333,4% quando relacionados com 1954. Esse resultado deve-se, sobretudo, ao substancial aumento verificado em  $\varepsilon_{X_2X_6}$ . Para a totalidade dos 17 anos de observação as quebras de receita podem ser quantificadas em 11368,04 contos ( a preços correntes).

QUADRO II.12- A PRODUÇÃO DE CELULOSE e de ARROZ

ANO	$\frac{\partial Y_2}{\partial X_6}$	PRODUÇ. CELULOSE = $X_{6t}(tn)$	PRODUÇ. ARROZ = $Y_{2t}(tn)$	$\frac{X_{6t}}{Y_{2t}}$	ELASTICID $\varepsilon_{X_2X_6}$	PREÇO do ARROZ (contos/ tn) = $X_{1t}$ (7)	RECEITA = $Y_{2t} * X_{1t}$ (8)=(7).(4)	QUEBRA DE RECEITA (9)=(6).(8)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)/(4)	(6)=(2).(5)			
1954	-0,00243	41617	466,2	89,27	-0,21692	2,79	1300,70	-282,15
1955	-0,00243	50727	694	73,09	-0,17762	2,76	1915,44	-340,22
1956	-0,00243	54095	450	120,1	-0,29211	2,56	1152,00	-336,51
1957	-0,00243	58850	600	98,08	-0,23834	2,63	1578,00	-376,10
1958	-0,00243	58309	504	115,9	-0,28113	2,64	1330,56	-374,06
1959	-0,00243	69009	525	131,5	-0,31941	2,67	1401,75	-447,74
1960	-0,00243	83708	310	270,3	-0,65616	2,74	849,40	-557,34
1961	-0,00243	85494	594	143,3	-0,34975	2,99	1776,06	-621,17
1962	-0,00243	86916	502,3	173,4	-0,42048	2,99	1501,88	-631,51
1963	-0,00243	91982	383,9	239,6	-0,58223	3,04	1167,06	-679,49
1964	-0,00243	96113	516	186,7	-0,45263	3,06	1578,96	-714,68
1965	-0,00243	93409	397,3	235,1	-0,57132	3,34	1326,98	-758,13
1966	-0,00243	98024	426,4	229,9	-0,55863	3,60	1535,04	-857,51
1967	-0,00243	95588	383,5	249,5	-0,60568	3,71	1422,79	-861,75
1968	-0,00243	103492	385	268,1	-0,65321	3,82	1470,70	-960,67
1969	-0,00243	140424	420	334,4	-0,81245	3,93	1650,60	-1341,04
1970	-0,00243	130240	426,4	305,4	-0,74222	3,88	1654,43	-1227,95
TOTAL		1438000	7988				24612,34	-11368,04

4. A CRÍTICA DOS RESULTADOS

Ao contrário do que, teóricamente, se admitiu na expressão (II.9,b), a área de sementeira não é, estatisticamente, uma variável explicativa; mas isso não significa, que, na realidade, esse relacionamento não exista.

Se observarmos os dados do Anexo X.b) <sup>1</sup> a correlação parcial (dada a temperatura média diária em Agosto ) entre a produção de arroz e a área de sementeira tem um valor inferior (0,60) mas não muito distante da correlação parcial entre o referido cereal e a produção de celulose (0,65). Mas, porque está melhor relacionada, é a variável  $X_6$ =produção de celulose que é escolhida para entrar no modelo. Imediatamente pós essa escolha (ver Anexo X.c) a variável área é, estatisticamente, afastada da explicação dada para a quantidade produzida de arroz no período de tempo referido. A razão fundamental porque isso acontece deve-se ao facto das duas variáveis,  $X_6$ =produção de celulose e  $Y_1$ =área, estarem, elas próprias, altamente correlacionadas ( $r=0,88$ ) ; uma vez seleccionada a produção de celulose, o efeito que a área possa ter na produção de arroz está de certo modo contido na explicação dada pela aquela produção industrial.

Seria, pois, de esperar que a produção de celulose explicasse, antes de tudo, a evolução da área de sementeira com arroz. Mas, para o período de tempo compreendido entre 1954 e 1970, são os salários agrícolas das mulheres que têm uma força explicativa superior.

Para esse período, podemos admitir que os agricultores da região, muito embora já pudessem ser sensíveis ao abandono da sementeira de arroz por causa da poluição (provocada pela celulose), eram muito mais sensíveis ao abandono da sementeira provocada pelos custos da mão-de-obra. A acção negativa da poluição industrial ainda não seria determinante para que os agricultores se vissem constrangidos a abandonar ou a diminuir a área de sementeira. Mas, por outro lado,

---

<sup>1</sup> Uma das etapas do processo "stepwise"

essa acção poluente já se fazia sentir, com algum peso, na deterioração dos grãos do cereal semeado e da subsequente perda de produção.

E, provavelmente, em períodos posteriores, a poluição provocada pela *produção de celulose* será, em conjunção com o *custo da mão-de-obra*, uma das razões sérias para a diminuição e abandono da sementeira de arroz na região e, conseqüentemente, da *diminuição da produção* de arroz.

É isso que poderemos observar se ampliarmos o período de tempo de estudo do fenómeno. Com efeito, se considerarmos o período de tempo 1954 e 1978, a equação estimada<sup>1</sup> para a área de sementeira é a seguinte:

$$\hat{Y}_1 = 295,896 - 0,8415 \cdot X_3 - 0,00100 \cdot X_6 + 0,0408 \cdot X_8 \quad (\text{II.8.c})$$

(15,7626)    (-12,4447)    (-6,1748)    (3,3643)

Com os dados disponíveis<sup>2</sup> para as *mesmas variáveis* já anteriormente utilizadas aquando da estimação da equação (II.8.a), podemos observar que, para além do custo unitário da mão-de-obra masculina<sup>3</sup>,  $X_3$ , também a produção de celulose,  $X_6$ , pode diminuir a área de sementeira de arroz; também a pluviosidade ocorrida no Outono e Inverno, anteriores à sementeira, pode influenciar a área que se disponibiliza para produzir o cereal, admitindo-se, contudo, que esta precipitação tenha um *efeito* meramente *cíclico*. O grau de explicação do modelo estimado é elevado conforme se pode ver pelo quadro II.13:

<sup>1</sup> Pelo mesmo processo "stepwise".

<sup>2</sup> Os dados de *produção de celulose* entre 1971 e 1978 referem-se só à produção de celulose da fábrica de Cacia e foram obtidos junto da Portucel-Centro de Cacia. Os dados da *emigração*, a partir de 1974, contabilizam todos os trabalhadores do sector primário (ver Anexo 4).

<sup>3</sup> Os salários das mulheres não foram admitidos no modelo por serem altamente correlacionados com os salários dos homens (ver Anexo XI).

QUADRO II.13 - ANOVA

FONTE	Soma Quadrados	Graus de liberdade g.l.	Quadrado Médio	Rácio F
Modelo	118668	3	39556,1	116,737
Resíduo	7115,82	21	338,819	
Total	125784	24		

$r^2=0,943428$  Erro Padrão da regressão(S.E.R.)=18,4078

$\bar{r}^2$ (corrig.)=0,935347 Estatística de Durbin-Watson=d=1,19507

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

Por outro lado, a produção de arroz= $Y_2$ , para além de continuar sensível à temperatura diária média= $X_{17}$  e à precipitação= $X_{12}$  verificadas no mês de Agosto, já se torna, para os 25 anos deste período de observação, dependente da explicação dada pela variável área, conforme se pode ver através da equação:

$$\hat{Y}_2 = -781,62 + 2,0726 \cdot Y_1 + 44,243 \cdot X_{17} - 1,59797 \cdot X_{12} \quad (\text{II.9.c})$$

(-3,5142)      (12,1813)      (3,6935)      (-2,9998)

Conforme se pode ver através do Quadro II.14 a explicação dada pelo modelo estimado é elevada, com um coeficiente de determinação,  $r^2 = 0,89$ .

QUADRO II.14 - ANOVA

FONTE	Soma Quadrados	Graus de liberdade g.l.	Quadrado Médio	Rácio F
Modelo	611584,0	3	203861	57,1115
Resíduo	74960,2	21	3569,53	
Total	686545,0	24		

$r^2=0,890815$  Erro Padrão da regressão(S.E.R.)=59,7456

$\bar{r}^2$ (corrig.)=0,875217 Estatística de Durbin-Watson=d=1,46003

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

A ligação entre a produção de arroz e a produção de celulose faz-se, agora, através da área de sementeira, ou  $dY_2 = \frac{\partial Y_2}{\partial Y_1} \cdot \frac{\partial Y_1}{\partial X_6} dX_6$ . Se admitirmos um aumento de 30000tn de produção de celulose, pode estimar-se, com alguma probabilidade, que a produção de arroz, através da área de sementeira, diminua 62,178 tn, ou

$$dY_2 = -62,178 = (2,0726) \cdot (-0,00100) \cdot 30000 (=dX_6)$$

Mesmo considerando que, para os oito últimos anos do período de 25 anos de observação, a *produção de celulose peque por defeito*<sup>1</sup> mantém-se a relação inversa entre a *produção de arroz* e a *produção de celulose* pode, estatisticamente, manter-se.

A influência do custo da mão-de-obra na área de sementeira também se faz sentir em outros arrozais próximos. Por exemplo, no concelho de Anadia<sup>2</sup>, a área de sementeira de arroz (ver Anexo II.a),  $Y_{1A}$ , tem vindo, também, a diminuir. Contudo, a área desses arrozais da bacia do Cértima, embora situados na mesma bacia hidrográfica do Vouga, não é, fisicamente e através do meio hídrico, afectada pela produção de celulose do Caima e Cacia.

Segundo a equação II.10 e o quadro II.15, em princípio, com apenas duas variáveis, *salários dos homens*<sup>3</sup> =  $X_3$  e a *tecnica de transplantação* =  $X_7$ , consegue-se explicar<sup>4</sup> muito bem a evolução da área de sementeira no concelho de Anadia =  $Y_{1A}$ .

$$\hat{Y}_{1A} = 69,055 - 0,3325 \cdot X_3 + 12,234 \cdot X_7 \quad (\text{II.10})$$

(16,918)      (-9,9436)      (2,9972)

onde  $Y_{1A}$  é a área de cultivo do arroz no concelho de Anadia.

<sup>1</sup> De 1971 a 1978 só se considera a produção de celulose da fábrica de Cacia

<sup>2</sup> Situado no mesmo distrito de Aveiro.

<sup>3</sup> Notar que todas as *variáveis exógenas*, com excepção das *climáticas*, que, teóricamente, podem explicar o comportamento da área e da produção de arroz no concelho de Anadia, são as *mesmas* que podem explicar as mesmas variáveis endógenas no concelho de Aveiro.

<sup>4</sup> Removeu-se da equação II.10 a variável  $X_4$  = *salários das mulheres* uma vez que apresenta uma elevada correlação com  $X_3$  = *salários dos homens* (ver Anexo XIII)

## QUADRO II.15 - ANOVA

FONTE	Soma Quadrados	Graus de liberdade g.l.	Quadrado Médio	Rácio F
Modelo	15112,6	2	7556,32	130,658
Residuo	1272,33	22	57,833	
Total	16385,0	24		

 $r^2=0,922348$ 

Erro Padrão da regressão(S.E.R.)=7,6048

 $\bar{r}^2(\text{corrig.})=0,915289$ 

Estatística de Durbin-Watson=d=0,615067

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

Só que a equação estimada tem um valor muito baixo para a estatística DURBIN-WATSON,  $d=0,615067$ ; um valor muito inferior ao valor limite  $d_l=1,21$  abaixo do qual se pode admitir existir a correlação serial dos resíduos.

Depois de feita a respectiva transformação<sup>1</sup> das variáveis podemos encontrar uma nova equação estimada para a área de sementeira com arroz no concelho de Anadia:

$$\hat{Y}_{1A} = 22,1422 - 0,32388 \cdot X_3 \quad (\text{II.11})$$

(13,6325)                      (-7,4901)

na qual, a melhoria observada na estatística Durbin-Watson, com  $d=1,40$ , custou a saída da variável  $X_7$  e uma diminuição do coeficiente de determinação<sup>2</sup>. De resto mantêm-se a explicação dada pelos salários.

Também a explicação, dada pela área e pela temperatura média diária em Agosto<sup>3</sup> para a produção de arroz, se mantém nos arrozais do concelho Anadia, conforme se pode observar na equação (II.12) no quadro II.16 (ver Anexo XVI):

---

<sup>1</sup> Ver Anexo XIV

<sup>2</sup> ver Anexo XV

<sup>3</sup> Como referimos, os elementos climáticos, temperatura e precipitação, são observados na estação meteorológica de Anadia.

$$\hat{Y}_{2A} = -346,490 + 3,21850 \cdot Y_{1A} + 16,4003 \cdot X_{12A} \quad (II.12)$$

$(-2,3140)$

$(9,9735)$

$(2,2738)$

onde  $X_{12A}$  é a temperatura média diária no mês de Agosto em Anadia e  $Y_{2A}$  é a produção de arroz no mesmo concelho.

QUADRO II.16 - ANOVA

FONTE	Soma Quadrados	Graus de liberdade g.l.	Quadrado Médio	Rácio F
Modelo	178444,0	2	89222,0	52,2902
Residuo	37538,3	22	1706,29	
Total	215982,0	24		

$r^2=0,826197$  Erro Padrão da regressão(S.E.R.)=41,3072

$\bar{r}^2$ (corrig.)=0,810397 Estatística de Durbin-Watson=d=2,1936

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

A explicação comum dada ao comportamento das variáveis endógenas no concelho de Aveiro e no concelho de Anadia sugere que o *custo da mão-de-obra* é, estatisticamente, uma causa *essencial* na variação da *área de sementeira* nos dois locais bem como esta superfície é *fundamental* na explicação da evolução da *produção de arroz*. Esta é uma conclusão que já era, teóricamente, admitida.

Depois, para cada local, existem variáveis específicas que completam a explicação para as referidas variáveis endógenas. No caso do concelho de Aveiro, a *produção de celulose* explica, também, economicamente e entre 1954 e 1978, a evolução da *área de sementeira* e, conseqüentemente, da produção de arroz.



### III. CONCLUSÃO

Vimos, anteriormente, que o modelo econométrico estimado corroborava, com elevadas probabilidades, a hipótese de a *produção de celulose das fábricas do Caima e de Cacia afectar negativamente a produção de arroz no concelho de Aveiro* e estarmos, por isso, perante um caso de *externalidades negativas*.

Existiria, assim, na região do Baixo-Vouga, uma quebra na produção de arroz que não seria uma consequência do mecanismo de mercado. Contudo, isso não significa que não existam outras razões, ditadas pela lei do mercado, que tenham levado à queda substancial da produção de arroz na região. São razões, conforme aponta o modelo econométrico, que em última análise podem ser imputadas à subida dos custos com a mão-de-obra utilizada nessa actividade agrícola.

Isso pode significar que, *mesmo não havendo os efeitos negativos da poluição, a produção de arroz no concelho de Aveiro acabaria por ser afectada, negativamente, pelos ditames do mercado, tal como aconteceu, na mesma bacia hidrográfica do Vouga, com a produção de arroz no concelho de Anadia*.

A não existência de alternativas à utilização do factor mão-de-obra capazes de manter o ritmo produtivo dos anos cinquenta, e mesmo dos meados dos anos sessenta, pode estar na origem da diminuição da produção de arroz nessa região do Baixo-Vouga. Como vimos antes, é a diminuição da utilização de mão-de-obra que leva nos anos sessenta a modificar a técnica de cultivo. Da transplantação passou-se à sementeira directa; e, como refere FEIO(1991), a produção ressentiu-

No caso do concelho de Aveiro a *produção de celulose* só teria reforçado essa *tendência decrescente*.

Apesar de a produção de celulose não ser a única responsável pela queda da área de sementeira e da consequente descida da produção no concelho de Aveiro, isso não significa que a descida de produção imputada à referida produção industrial seja desvalorizada. Tratou-se dum caso de *ineficiência económica*, uma vez que, *dadas as condições existentes no mercado* ( mesmo com a subida substancial dos salários no mercado do trabalho agrícola ), os produtores do concelho poderiam ter *produzido mais* e, consequentemente, ter tido *receitas superiores*.

Os custos infligidos aos orizicultores não foram, concerteza, contabilizados pelas empresas poluidoras. Daí o custo, privado, das referidas empresas em produzir celulose não reflectir o verdadeiro custo social dessa matéria-prima industrial. Se outras empresas produtoras de pasta celulósica em Portugal originarem o mesmo tipo de externalidades a outros sectores de actividade ( um caso a investigar ), sem que esses custos externos sejam contabilizados, então o preço de mercado para celulose é um preço que está abaixo do preço eficiente; o que significará que o preço do papel, produto cuja matéria-prima fundamental é a pasta celulósica, deveria ter um preço superior.

Convém aqui referir que o Centro Fabril da Portucel em Cacia tem desde 1978, vindo a implementar medidas com vista atenuar a poluição pela qual é responsável. E que os custos dessas medidas poderão, para além das eventuais melhorias na qualidade das águas do rio Vouga, com

as consequências económicas que daí poderão advir para outros sectores de actividade, por essa empresa em desvantagem no mercado da celulose se as outras empresas do ramo não tiverem as mesmas preocupações ambientais.

Dum modo geral, a existência duma grande quantidade de produtos poluentes que afecte, negativamente, outros sectores da actividade económica, está na base de ineficiências acrescidas na economia, por melhor que se dote o mercado dos predicados da concorrência perfeita.

Diminuir o volume dos resíduos poluentes, geradores de externalidades negativas, é, pois, um objectivo que uma sociedade, que se preocupe com a eficiência, deve procurar. É uma das intervenções que Estado, ou algum departamento por ele delegado, deve possuir. Não o admitir é permitir a existência de ineficiências no sistema.

Por isso, a *intervenção do Estado na economia*, para repor a *eficiência* ausente devida a externalidades negativas, é perfeitamente compatível com a *livre concorrência do mercado*.

Essa intervenção estatal ganha um significado maior quando os resíduos poluentes se escoam através da propriedade pública, como acontece com o rio Vouga e outros rios portugueses. Torna-se necessário, em recursos de propriedade *não exclusiva* que a intervenção do Estado torne o consumo desses recursos o *menos rival* possível. Só assim poderá ser garantido um mínimo de qualidade que possa satisfazer todos os consumidores.

## **BIBLIOGRAFIA**

- MOREIRA, M. (1988), *Qualidade biológica da água do rio Caima e curso médio e superior do Vouga*, in **1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente**
- RODRIGUES, A. (1988), *Avaliação dos efeitos dos efluentes das indústrias de pasta de papel Soporcel e Celbi sobre a macrofauna bentónica do meio receptor*, in **1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente**
- SILVA, J. (1988), *Poluição dos rios Caima e Vouga pela indústria de pasta para papel*, in **1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente**
- NORDESTE, J. , MATOS, M. e VIUHO, E. (1990), *Diminuição do Impacto Ambiental no Centro Fabril de Cacia da Portucel, E.P. ,* in **IV Encontro Nacional de Saneamento Básico 1990**, Aveiro
- RANDALL, ALAN (1987), **Resource Economics, an Economic Approach to Natural Resource and Environment Policy**, New York, John Wiley & Son, 434 p.
- BORREGO, C., SANTANA, F., SANTOS, D, SANTOS, J. e RAMALHO, M. (1991), **Livro Branco sobre o Estado do Ambiente em Portugal**, Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais
- MINISTÉRIO DO PLANEAMENTO E DA ADMINISTRAÇÃO DO TERRITÓRIO e MINISTÉRIO DO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS (1991), **Relatório de Estado do Ambiente**
- MINISTÉRIO DO PLANEAMENTO E DA ADMINISTRAÇÃO DO TERRITÓRIO, SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO LOCAL E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO e SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS (1989), **Relatório de Estado do Ambiente**
- BAULIG, HENRI (1956), **Vocabulaire Franco-Anglo-Allemand de Géomorphologie**, Paris, Société d'Édition: Les Belles Lettres, 230 p.
- SOBRAL, A., CARVALHEIRA, V. e SANTOS, M., (1985), *Rio Vouga-Estabelecimento de um Mapa de Qualidade da Água*, in **Jornadas da Ria de Aveiro, I volume**
- CUNHA, J. LOPES DA (1985), *Degradação dos Solos, Culturas e Vegetais nos Campos do Baixo-Vouga, Motivada pelos Efluentes Aquáticos e aéreos da Portucel de Cacia*, in **Jornadas da Ria de Aveiro, I volume**,
- QUEIRÓZ, M.G., (1985), *Possibilidade de Resolver a Curto Prazo os Problemas da Poluição Fluvial Originados pela Fábrica da Portucel em Cacia*, in **Jornadas da Ria de Aveiro, I volume**
- MARNOTO, H., VINAGREIRO, J. e LEMOS, J., (1985), *Redução da Poluição no Centro Fabril de Cacia da Portucel*, in **Jornadas da Ria de Aveiro, I volume**
- SILVA, A.C.FREITAS da (1963), **Mercadorias**, Porto Editora, 392
- ABECASIS, J. LE COCQ (1969), *Problemática da Indústria de Pastas de Celulose à base de Madeira e da sua Expansão no Continente Português*, in **Boletim Semanal da Direcção-Geral dos Serviços Industriais da Secretaria de Estado da Indústria**
- LOPEZ, TORRES (1980), *Estudo del funcionamiento de una planta depuradora frente a los vertidos transitorios de efluentes de fabricas de pasta al sulfato*, Tesis presentada en la Escola Tecnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa, de la Universidad Politecnica de Barcelona
- QUEIROZ, M.G. ( ), *Protecção do Ambiente na Indústria de Celulose*,

- ODUM, EUGENE (1971), **Fundamentos de Ecologia**, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 4ª edição, tradução publicada em 1988 e realizada a partir da obra original **Fundamentals of Ecology**, 3rd edition, publicada em Filadélfia pela W.B. Saunders Company
- KNEESE, ALLEN (1977), **Economics and the Environment**, New York, Penguin Books, 434 p.
- RAMADE, FRANÇOIS (1989), **Elements d'écologie-écologie appliquée**, Paris, McGraw-Hill, 4e édition, 576 p.
- ISNARD, HILDEBERT ( ), **O espaço Geográfico**, Coimbra, Livraria Almedina, 257 p., tradução publicada em 1982 e realizada a partir da obra original **L'Espace Géographique** publicada em Paris pela PUF-Le Géographie
- DEMANGEOT, JEAN (1984), **Les milieux "naturels" du globe**, Paris, Masson, 250
- COTTRELL, ALAN (1987), **Environmental Economics: an Introduction for Students of the Resource and Environmental Sciences**, London, Edward Arnold (Publishers) Ltd, 64 p.
- R.MUSGRAVE E P. MUSGRAVE (1989), **Public Finance in Theory and Prattice**, McGraw-Hill International Editions, 5th ed., 626 p.
- RIBEIRO, TEIXEIRA (1991), **Lições de Finanças Públicas**, 4ª edição, Coimbra, Coimbra Editora, Lda., 456 p.
- AYRES, ROBERT (1978), **Resources, Environment and Economics**, New York, J. Wiley & Sons, Inc., 207 p.
- MALER, K. (1974), **Envoronmental Economics: a Theoretical Inquiry**, Baltimore, The John Hopkins University Press, 367 p.
- PEARCE, DAVID (1976), *The Economics of Pollution*, in **Environmental and the Industrial Society**, 247 p.
- NIJKAMP, PETER (1977), **Theory and Application of Environmental Economics**, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 322 p.
- ROSNEY, J. (1975), **O Macroscópio. Para uma visão global**, Editora Arcádia, tradução publicada em 1977 e realizada a partir da obra original **Le Macroscopie. Vers une vision globale** publicada pelas Éditions du Seuil
- SCITOSKY, T. (1954), *Two concepts of external economies*, in **Journal of Political Economy**, vol.62
- BATOR, FRANCIS (1958), *The Anatomy of Market Failure*, in **Quarterly Journal of Economics**, vol.72, Agosto
- VICTOR, P. (1972), **Economics of Pollution**, London, MacMillan, 80 p.
- NIJKAMP, P. (1980), **Environmental Policy Analysis, Operational Methods and Models**, New York, John Wiley & Sons
- BUCHANAN, J. e .STUBBLEBINE, W. (1962), *Externality*, in **Economica**, nº29, Novembro
- HENDERSON, J. e QUANDT, R. (1980), **Microeconomic Theory, a Mathematical Approach**, 3ªedi., MacGraw-Hill Book Company, 420 p.
- BAUMOL, W. (1977), **Economic Theory and Operations Analysis**, 4ªedi., London, Prentice/Hall International, Inc., 695 p.

- LANDSBURG, S. (1992), **Price Theory and Applications**, 2th ed., The Dryden Press, 761 p.
- ORMINSTON, M.B. (1992), **Intermediate Microeconomics**, The Dryden Press, 688
- COMMON (1988), **Environmental and Resource Economics: an Introduction**, London, Longman, 319
- BATOR, F.(1957), *The Simple Analytics of Welfare Maximization*, in **The American Economic Review**, Volume XLVII, nº1, Março
- SEN, A. (1970), **Colletive Choice and Social Welfare**, San Francisco, Holden-Day, Inc., 225
- INTRILIGATOR, M. (1971), **Mathematical Optimization end Economic Theory**, London, Prentice-Hall, Inc., 508 p.
- INTRILIGATOR, MICHAEL (1978), **Econometric Models, Techniques, and Applications**, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 638 p.
- JESUS, FERNANDO (1992), **Introdução à Teoria Microeconómica**, Publicações D.Quixote, Lisboa, 263 p.
- CHIANG, ALPHA(1974), **Matemática para Economistas**, Editora da Universidade de São Paulo-McGraw-Hill, 684 p., tradução publicada em 1982 e realizada a partir da obra original **Fundamental Methods of Mathematical Economics**, 2 nd Ed. publicada pela McGraw-Hill, Inc
- PINDYCK, S. and RUBINFELD, L. (1981), **Econometric Models and Economic Forecasts**, McGraw-Hill Book Company, 630 p.
- FEIO, MARIANO(1991), **Clima e Agricultura: exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso clima**, Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa, 266 p.
- SILVA, V. e DUARTE, S. (1975), **Cultura do Arroz**, Ministério da Agricultura e Pescas. INIA, Oeiras, 347 p.
- MALINVAUD, EDMOND (1969), **Méthodes Statistiques de L'Économetrie**, 2e édition, Dunod, Paris, 782
- Statgraphics, Statistical Graphics System** (1985), by Statistical Graphics Corporation
- DRAPER, R.and SMITH, H. (1981), **Applied Regression Analysis**, 2nd Edition, John Wilwy & Sons, Inc., New York, 709
- GUERREIRO, AMARO (1979), **Manual de Estatística**, 3ªed., Lisboa, 310 p.
- SILVA, V.( ), **A cultura do Arroz**, 2ªed., Livraria Clássica Editora, Lisboa, 247 p.

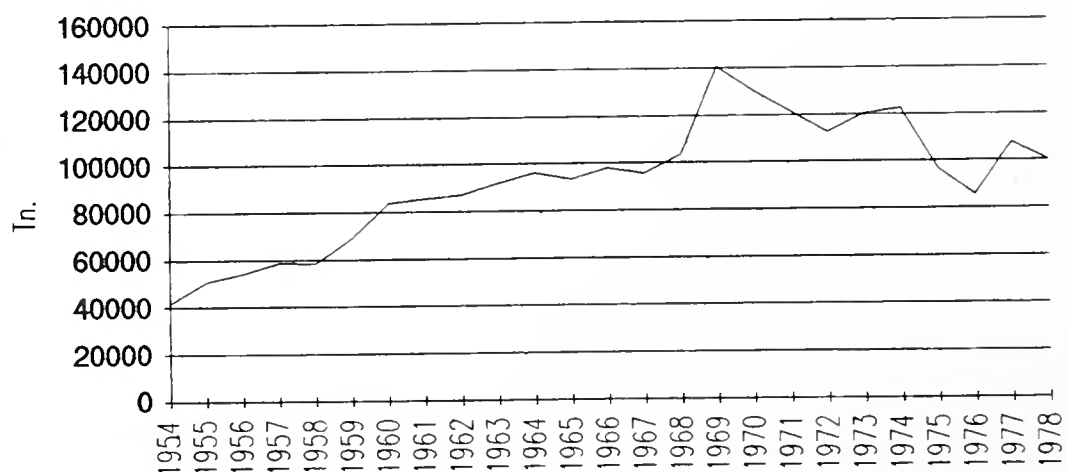
ANEXO I- EVOLUÇÃO da PRODUÇÃO DE CELULOSE no DISTRITO de AVEIRO

ANO	PRODUÇÃO
1954	41617
1955	50727
1956	54095
1957	58850
1958	58309
1959	69009
1960	83708
1961	85494
1962	86916
1963	91982
1964	96113
1965	93409
1966	98024
1967	95588
1968	103492
1969	140424
1970	130240
1971	121510 a)
1972	112633 a)
1973	120122 a)
1974	122432 a)
1975	96853 a)
1976	85543 a)
1977	107806 a)
1978	100092 a)

a) Dados que incluem só a produção da Portucel-Centro de Cacia (*Dasas Enfardadas*)

FONTE: L.N.E., Estatísticas Industriais e PORTUCEL, Centro Fabril de Cacia

EVOLUÇÃO da PRODUÇÃO de CELULOSE-  
DISTRITO de AVEIRO



ANEXO I.a)-QUANTIDADE PRODUZIDA de CELULOSE- PORTUCEL de CACIA

Unidade: toneladas	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
PASTAS									
ENFARDADAS									
Pinho Cru	6575	8583	5615	6709	7559	3929	4875	1600	2766
Eucalip.Cru	9681	11410	9412	9689	7122	4795	4570	13217	7069
Pin.Semi-B.	15631	19542	21860	15394	18522	14518	10435	14122	13769
Pinho Bran.	7154	10156	9898	6797	5215	9482	0	0	6849
Euc.Semi-B.	14445	13260	13624	16564	15059	8838	11862	8765	10703
Euc. Branco	60335	58559	52224	64969	68955	55291	53801	70102	58936
Subtotal	113821	121510	112633	120122	122432	96853	85543	107806	10009
PASTAS									
INTEGRADAS									
em									
SUSPENSÃO									
Pinho Cru	7885	12225	12677	16280	17405	10401	14728	12750	6467
Eucali. Cru	2606	1220	945	437	4102	1885	4672	5648	3156
Subtotal	10491	13445	13622	16717	21507	12286	19400	18398	9623
TOTAL	124312	134955	126255	136839	143939	109139	104943	126204	10971

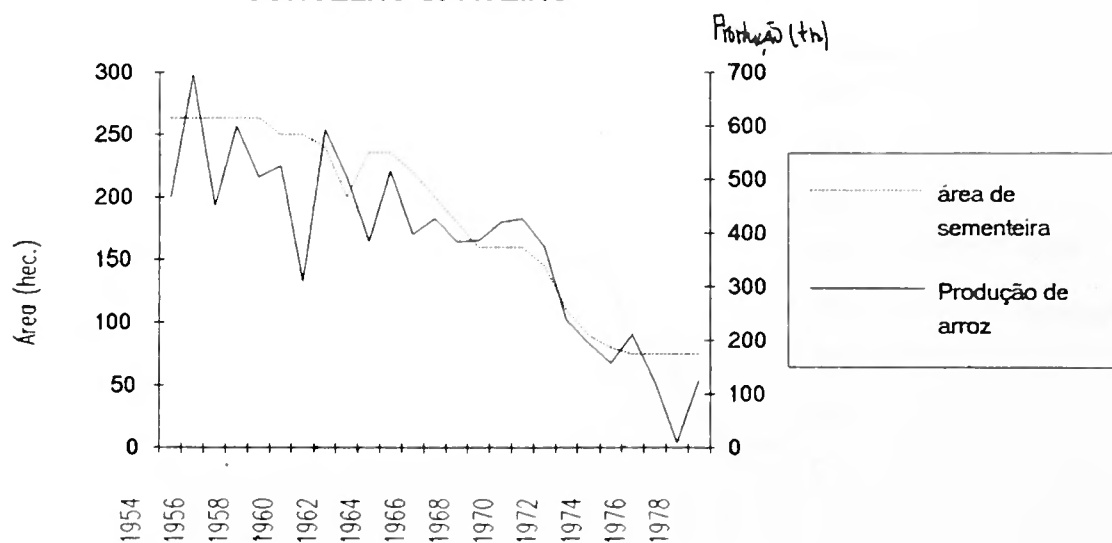
Fonte: Portucel-Centro Fabril de Cacia



ANEXO II- ÁREA de SEMENTEIRA e QUANTIDADE PRODUZIDA de ARROZ-  
CONCELHO de AVEIRO

ANO	ÁREA (hec.)	QUANTIDADE (tn.)
1954	263	466,2
1955	263	694,0
1956	263	450,0
1957	263	600,0
1958	263	504,0
1959	250	525,0
1960	250	310,0
1961	240	594,0
1962	200	502,3
1963	235	383,9
1964	235	516,0
1965	220	397,3
1966	200	426,4
1967	180	383,5
1968	160	385,0
1969	160	420,0
1970	160	426,4
1971	145	375,0
1972	110	237,0
1973	90	195,0
1974	80	158,0
1975	75	211,8
1976	75	120,0
1977	75	9,8
1978	75	127,5

FONTE: I.N.E., Estatísticas Agrícolas  
EVOLUÇÃO da ÁREA e PRODUÇÃO de ARROZ -  
CONCELHO de AVEIRO

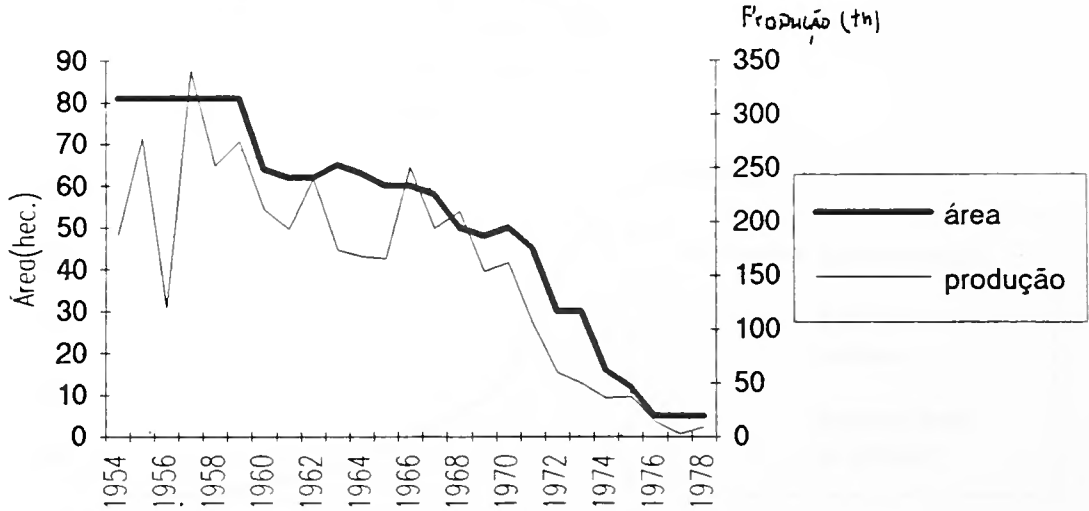


ANEXO II.a)- ÁREA de SEMEITEIRA e QUANTIDADE PRODUZIDA de ARROZ-  
CONCELHO de ANADIA

ANO	ÁREA (hec.)	QUANTIDADE (tn.)
1954	81	187,8
1955	81	277,5
1956	81	120,0
1957	81	340,0
1958	81	252,0
1959	81	275,0
1960	64	212,0
1961	62	193,0
1962	62	240,0
1963	65	173,7
1964	63	167,5
1965	60	166,0
1966	60	250,8
1967	58	193,6
1968	50	210,0
1969	48	153,6
1970	50	162,0
1971	45	105,0
1972	30	60,3
1973	30	50,0
1974	16	36,0
1975	12	37,5
1976	5	14,9
1977	5	3,0
1978	5	9,5

FONTE:I.N.E., Estatísticas Agrícolas

EVOLUÇÃO da ÁREA e PRODUÇÃO de ARROZ-  
CONCELHO de ANADIA



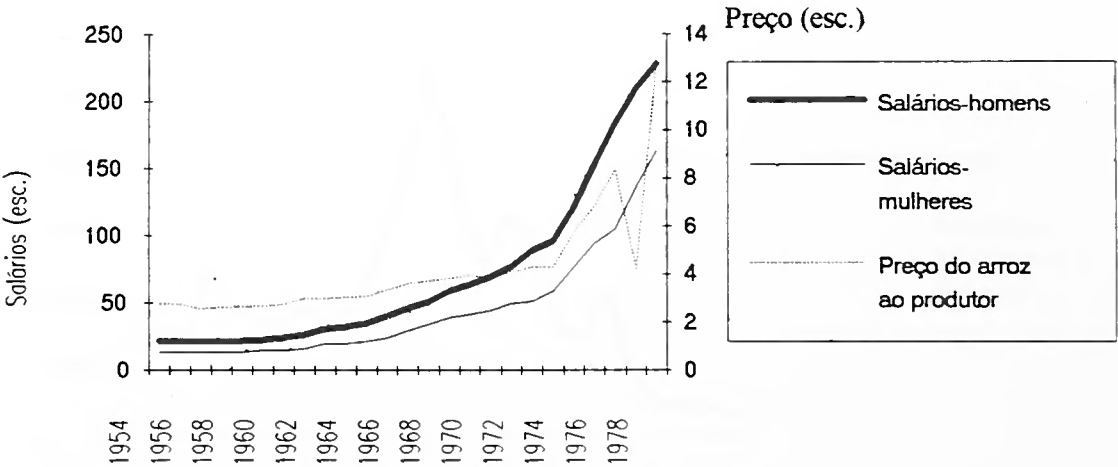
ANEXO III- SALÁRIOS MÉDIOS dos TRABALHOS GERAIS AGRÍCOLAS e PREÇOS MÉDIOS DO ARROZ no PRODUTOR-DISTRITO de AVEIRO Unidade:escudos

ANO	Salários- Homens	Salários- Mulheres	Preço
1954	21,61	13,18	2,79
1955	21,49	13,29	2,76
1956	21,15	13,14	2,56
1957	21,17	13,30	2,63
1958	21,92	13,15	2,64
1959	22,43	14,89	2,67
1960	24,23	14,87	2,74
1961	25,97	16,18	2,99
1962	30,65	19,49	2,99
1963	31,91	19,57	3,04
1964	34,70	21,55	3,06
1965	39,70	24,15	3,34
1966	45,73	29,34	3,60
1967	50,51	34,11	3,71
1968	58,90	38,95	3,82
1969	63,49	41,28	3,93
1970	69,22	44,41	3,88
1971	76,56	49,72	4,09 a)
1972	88,68	51,49	4,29
1973	95,88	58,53	4,31
1974	120,90	76,70	5,71
1975	152,90	94,30	6,81
1976	183,00	104,90	8,34
1977	209,00	136,00	4,22
1978	227,50	163,50	12,81

a) média entre 1970 e 1972

FONTE:LN.E., Estatísticas Agrícolas

SALÁRIOS MÉDIOS dos TRABALHOS GERAIS AGRÍCOLAS e PREÇOS MÉDIOS do ARROZ- DISTRITO de AVEIRO

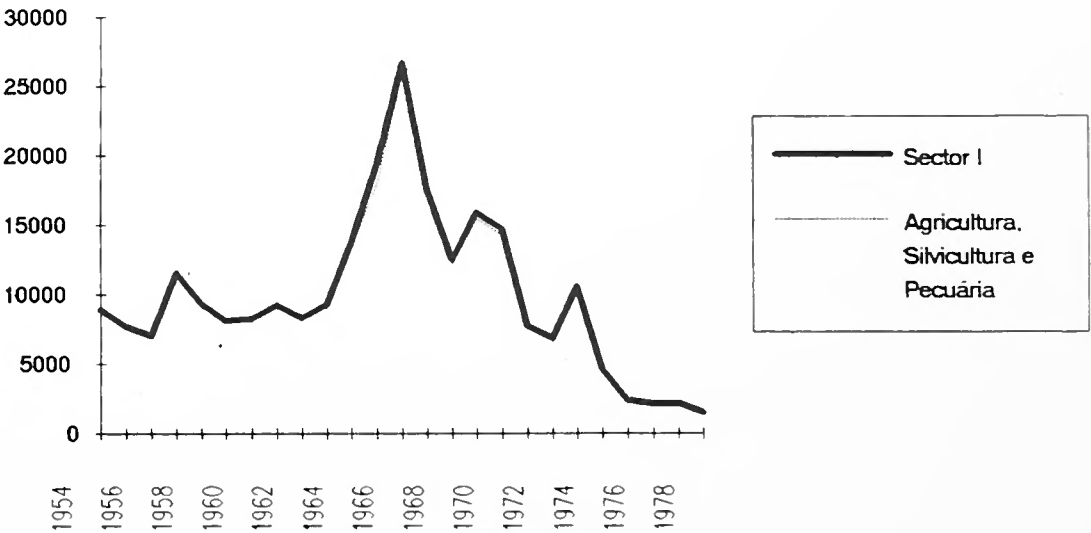


ANEXO IV- EVOLUÇÃO da EMIGRAÇÃO  
TOTAIS NACIONAIS

ANO	Agricultura, Silvicultura e Pecuária	Sector I= (1)+Pesca+ Indústria Extractiva
	(1)	(2)
1954		8912
1955	7556	7660
1956	6848	6999
1957	11433	11544
1958	9083	9315
1959	8048	8116
1960	8167	8235
1961	9153	9209
1962	8201	8273
1963	9216	9289
1964	13375	13733
1965	17863	19402
1966	26080	26676
1967	17157	17549
1968	12184	12504
1969	15403	15860
1970	14244	14674
1971	7496	7729
1972	6614	6808
1973	10117	10591
1974		4565
1975		2354
1976		2137
1977		2171
1978		1473

FONTE:Secretaria de Estado da Emigração, Boletim Anual

EVOLUÇÃO da EMIGRAÇÃO-Totais nacionais



ANEXO V.a)- BARRA/S.JACINTO-TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS (°C)

ANO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMB
1954	13,6	14,9	—	16,5	17,3	16,9
1955	14,8	15,9	17,0	17,9	19,2	17,6
1956	13,4	15,8	17,4	18,3	17,6	17,7
1957	14,2	15,6	17,2	19,0	19,0	18,2
1958	13,8	15,2	16,9	17,8	17,6	18,8
1959	14,1	15,7	18,1	19,0	19,8	19,2
1960	14,4	16,1	18,2	17,8	17,9	16,6
1961	14,4	18,1	17,6	18,6	18,6	17,6
1962	13,7	15,4	18,2	17,9	18,2	18,8
1963	13,0	14,7	16,6	18,8	16,6	16,4
1964	12,2	15,4	17,0	18,3	19,5	19,7
1965	12,6	15,9	16,9	17,2	17,6	—
1966	—	—	—	17,1	17,2	18,2
1967	—	—	—	—	18,0	17,4
1968	12,7	15,0	17,2	19,2	18,4	17,6
1969	13,2	15,2	18,0	20,6	19,9	17,7
1970	12,9	15,7	17,5	18,9	18,4	19,1
1971	13,6	14,6	16,1	19,8	18,3	18,9
1972	13,4	13,3	14,6	18,9	18,3	18,0
1973	13,5	15,2	18,0	18,3	18,2	18,2
1974	12,7	14,9	17,1	19,0	17,7	16,4
1975	—	—	17,4	19,2	—	17,3
1976	12,9	14,3	17,6	19,7	19,1	17,8
1977	13,4	13,9	15,9	16,8	16,9	18,7
1978	12,5	14,6	16,6	17,0	17,4	20,0

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica-Anuários Climatológicos

— ausência de valores

**ANEXO V. b)- ESTARREJA-TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS (o C)**

<b>ANO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAIO</b>	<b>JUNHO</b>	<b>JULHO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SETEMB</b>
1954	—	—	—	—	—	—
1955	—	—	—	—	—	—
1956	13,2	16,3	21,0	18,4	17,6	17,1
1957	12,4	13,8	16,0	18,8	19,4	18,8
1958	12,9	15,0	16,3	17,9	18,0	18,8
1959	13,4	15,4	18,6	19,7	20,4	19,0
1960	14,0	15,9	18,7	18,4	18,0	17,7
1961	14,1	17,8	18,5	20,0	20,4	18,3
1962	—	15,3	19,4	18,2	19,0	18,8
1963	13,0	15,2	17,0	19,0	17,6	17,1
1964	12,2	16,4	19,0	19,5	20,4	19,8
1965	13,3	16,0	17,9	17,0	14,8	16,1
1966	13,1	15,8	17,4	18,5	18,1	18,3
1967	13,1	13,4	18,0	19,0	18,8	18,1
1968	12,1	15,0	18,0	19,2	19,2	17,4
1969	12,0	14,6	17,6	21,4	19,3	16,8
1970	11,2	15,7	16,9	19,4	18,0	19,1
1971	12,5	13,4	15,7	20,5	17,7	18,4
1972	11,9	12,6	14,2	19,1	18,2	17,2
1973	12,8	15,3	18,7	18,6	19,7	17,9
1974	12,4	15,2	17,6	20,4	17,7	—
1975	11,7	14,4	16,9	—	19,7	16,7
1976	11,9	—	18,8	—	—	—
1977	12,6	12,8	15,1	17,4	—	—
1978	—	—	—	—	—	—

**Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica-Anuários Climatológicos**  
**— ausência de valores**

**ANEXO V. c) TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS (oC)- média entre Barra/S.Jacinto e Estarreja**

<b>ANO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAIO</b>	<b>JUNHO</b>	<b>JULHO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SETEMB</b>
1954	13,6 a)	14,9 a)	17,6 c)	16,5 a)	17,3 a)	16,9 a)
1955	14,8 a)	15,9 a)	17,0 a)	17,9 a)	19,2 a)	17,6 a)
1956	13,3	16,1	19,2	18,4	17,6	17,4
1957	13,3	14,7	16,6	18,9	19,2	18,5
1958	13,4	15,1	16,6	17,9	17,8	18,8
1959	13,8	15,6	18,4	19,4	20,1	19,1
1960	14,2	16,0	18,5	18,1	18,0	17,2
1961	14,3	18,0	18,1	19,3	19,5	18,0
1962	13,7 a)	15,4	18,8	18,1	18,6	18,8
1963	13,0	15,0	16,8	18,9	17,1	16,8
1964	12,2	15,9	18,0	18,9	20,0	19,8
1965	13,0	16,0	17,4	17,1	16,2	16,1 b)
1966	13,1 b)	15,8 b)	17,4 b)	17,8	17,7	18,3
1967	13,1 b)	13,4 b)	18,0 b)	19,0 b)	18,4	17,8
1968	12,4	15,0	17,6	19,2	18,8	17,5
1969	12,6	14,9	17,8	21,0	19,6	17,3
1970	12,1	15,7	17,2	19,2	18,2	19,1
1971	13,1	14,0	15,9	20,2	18,0	18,7
1972	12,7	13,0	14,4	19,0	18,3	17,6
1973	13,2	15,3	18,4	18,5	19,0	18,1
1974	12,6	15,1	17,4	19,7	17,7	16,4 a)
1975	11,7 b)	14,4 b)	17,2	19,2 a)	19,7 b)	17,3
1976	12,4	14,3 a)	18,2	19,7 a)	19,1	17,8
1977	13,0	13,4	15,5	17,1	16,9 a)	18,7 a)
1978	12,5 a)	14,6 a)	16,6	17,0 a)	17,4 a)	20,0 a)

**Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica-Anuários Climatológicos**

**a) só dados de Barra/S.Jacinto**

**b) " " " Estarreja**

**c) " " " Anadia**

**ANEXO V. d)-ANADIA-TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS ( °C)**

<b>ANO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAIO</b>	<b>JUNHO</b>	<b>JULHO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SETEMB</b>
1954	13,8	16,3	17,6	20,3	19,1	19,0
1955	16,3	17,5	19,1	20,9	22,4	20,6
1956	13,6	16,9	19,2	20,2	18,7	18,0
1957	13,6	15,6	18,2	21,3	21,6	20,6
1958	13,2	16,2	17,4	19,5	19,9	20,1
1959	13,6	16,6	19,3	22,0	22,0	20,3
1960	15,0	17,0	19,9	20,3	19,6	19,0
1961	14,1	18,2	19,6	21,5	22,4	20,2
1962	—	16,0	20,3	20,0	20,6	20,4
1963	—	16,4	18,2	21,2	19,0	18,6
1964	12,2	17,8	19,8	20,7	22,0	21,4
1965	13,0	16,9	19,2	18,4	20,4	16,6
1966	13,6	16,5	18,9	20,7	20,5	20,8
1967	13,8	13,8	19,2	20,3	20,4	19,6
1968	12,8	15,6	18,8	20,3	21,1	18,0
1969	12,4	14,7	18,2	22,7	21,4	18,2
1970	12,2	17,1	17,9	21,2	19,6	20,7
1971	13,0	13,8	16,7	21,5	18,9	19,7
1972	—	13,5	16,2	20,9	20,9	19,2
1973	13,8	16,0	20,2	20,4	22,1	19,4
1974	12,5	16,0	19,0	21,8	20,1	17,0
1975	12,4	15,8	19,1	20,8	21,5	18,6
1976	12,7	15,8	21,5	22,3	21,5	18,5
1977	13,4	14,1	16,8	19,0	19,1	21,5
1978	11,9	15,2	17,6	19,8	20,2	22,0

**Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica-Anuários Climatológicos**

**— ausência de valores**



**ANEXO VI. a)-PRECIPITAÇÕES MENSAIS (mm)- Barra/S.Jacinto**

ANO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MA	ABR	acum. *	MAI	JUN	JUL	AGO
1954	95,2	69,4	69	50,2	92,6	70,2	219,6	72,3	738,5	16,1	32,0	3,2	13,5
1955	7,7	46,6	173,5	91,2	416,2	188,5	73,5	19,4	1016,6	41,5	82,7	1,0	2,2
1956	0,4	42,9	238,2	263,7	248,6	67,0	218,3	121,3	1200,4	232,7	6,2	58,7	61,4
1957	178,8	195,5	43,4	112,0	61,4	186,4	155,2	6,9	939,6	70,5	26,2	25,4	10,6
1958	27,1	4,6	147,4	210,2	120,3	92,3	169,0	93,7	864,6	48,7	127,6	5,0	40,2
1959	53,5	50,9	5,2	129,0	176,7	95,1	252,8	110,0	873,2	41,5	21,4	0,0	27,1
1960	29,3	133,4	257,8	315,4	118,5	175,7	187,1	46,3	1263,5	96,8	11,9	9,6	81,9
1961	76,5	387,7	397,4	262,9	130,6	67,9	18,1	177,6	1518,7	73,9	39,8	9,1	9,8
1962	48,0	117,8	118,2	277,8	110,3	40,2	155,5	41,0	908,8	30,4	0,5	10,1	0,5
1963	57,8	23,8	61,6	58,7	141,7	208,0	177,8	52,2	781,6	27,8	44,9	4,6	7,3
1964	39,8	21,4	329,1	240,3	39,2	316,2	140,1	24,6	1150,7	14,1	41,7	2,5	1,7
1965	24,6	38,8	—	—	—	42,4	124,8	25,4	a)	29,4	1,0	3,1	0,0
1966	67,5	110,3	119,2	99,4	180,0	170,6	0,5	109,8	857,3	15,4	13,0	0,6	21,7
1967	21,0	139,8	49,3	61,7	94,2	60,6	63,0	16,2	505,8	80,3	0,5	0,0	18,4
1968	43,5	51,7	73,2	11,7	6,4	165,9	32,4	99,1	483,9	71,7	2,5	0,6	9,6
1969	41,6	39,4	210,5	197,0	143,0	144,1	117,5	43,4	936,5	129,2	27,6	0,3	0,9
1970	75,8	40,7	111,0	85,7	259,6	56,4	17,4	8,9	655,5	124,4	111,0	0,2	8,2
1971	10,2	6,2	84,4	52,7	204,8	17,5	58,5	70,0	504,3	70,5	95,8	45,9	36,4
1972	8,7	16,4	28,7	62,2	161,4	225,9	98,3	34,3	635,9	22,8	13,4	2,4	14,1
1973	17,8	72,1	102,6	67,8	126,5	52,8	47,4	18,6	505,6	136,4	18,9	13,2	0,0
1974	19,0	47,7	24,1	43,5	161,5	108,9	54,5	43,0	502,2	39,3	—	0,4	2,8
1975	9,7	8,3	8,3	—	—	—	—	24,5	a)	—	—	—	—
1976	9,2	51,5	104,6	40,3	—	—	76,9	111,2	a)	3,3	0,1	1,8	72,3
1977	82,2	243,5	164,6	233,7	—	337,5	137,0	86,8	a)	19,7	50,4	5,5	10,4
1978	16,6	98,7	123,9	147,1	63,5	122,3	90,3	88,6	751,0	27,6	14,0	0,0	0,0

**Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica-Anuários Climatológicos**

— ausência de dados

a) acumulação não operada com estes valores

\* precipitação acumulada de Setembro a Abril

ANEXO VI. b) - PRECIPITAÇÕES MENS AIS (mm)- Estarreja

ANO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MA	ABR	acum. *	MAI	JUN	JUL	AGO
1954	—	—	—	—	—	—	—	—	a)	—	—	—	—
1955	—	—	—	—	—	—	—	—	a)	—	—	—	—
1956	—	—	—	—	241,2	52,4	205,3	128,1	a)	58,7	11,0	20,6	100,4
1957	119,2	127,9	33,3	75,4	51,7	165,2	86,8	22,7	682,2	58,2	28,3	12,0	8,0
1958	23,4	9,4	94,3	132,2	243,0	84,8	157,7	52,4	797,2	43,9	81,8	36,0	26,4
1959	35,5	92,0	9,4	142,6	190,0	25,6	219,4	167,2	881,7	111,7	43,9	0,0	7,1
1960	124,5	147,8	304,1	376,8	185,7	205,7	232,3	50,4	1627,0	126,1	15,9	5,0	58,7
1961	89,4	349,7	319,1	212,7	182,0	57,2	23,3	167,2	1401,0	81,2	71,9	29,7	17,6
1962	63,3	185,4	138,8	244,7	124,3	33,2	143,3	—	a)	32,7	13,5	39,1	0,2
1963	35,6	53,6	149,6	74,6	234,2	238,3	133,4	111,1	1030,0	38,7	107,8	2,7	8,7
1964	43,6	70,9	353,4	243,8	33,2	193,6	188,9	42,9	1170,0	31,2	58,8	12,3	0,3
1965	34,7	81,3	29,9	73,2	149,0	69,7	159,7	37,9	635,4	49,3	13,6	10,0	2,4
1966	147,8	211,4	299,2	210,3	282,3	429,4	2,3	208,6	1791,0	37,6	37,0	0,6	23,6
1967	35,3	251,2	64,4	64,5	119,6	93,3	72,3	29,5	730,1	75,2	5,4	0,5	25,0
1968	41,3	91,1	72,5	32,0	17,0	330,1	48,5	150,0	782,5	118,6	1,0	2,6	5,5
1969	64,4	59,4	275,4	291,9	226,8	196,3	156,6	75,2	1346,0	—	52,1	0,0	1,8
1970	104,5	62,3	159,4	105,8	298,0	61,3	34,0	20,5	845,8	150,6	102,7	1,8	12,6
1971	9,8	9,2	127,2	18,2	235,7	49,5	75,0	85,8	610,4	113,3	75,9	33,5	34,0
1972	7,6	23,6	26,9	60,9	146,2	239,1	127,6	61,0	692,9	56,2	16,8	2,7	32,3
1973	27,7	137,3	118,8	123,0	133,3	59,9	70,2	38,3	708,5	198,4	42,6	26,1	6,5
1974	11,6	85,7	39,6	122,4	308,6	175,4	42,0	43,5	828,8	84,0	175,7	0,5	0,0
1975	42,0	17,7	220,0	22,0	112,6	132,2	179,8	36,7	763,0	50,0	2,5	4,6	2,2
1976	31,9	51,5	104,6	40,3	75,0	82,0	83,4	77,4	546,1	3,2	2,5	11,2	72,3
1977	79,3	288,4	158,1	235,0	348,6	298,7	115,0	57,9	1581,0	77,6	28,0	10,9	30,7
1978	24,0	135,3	143,4	274,0	—	—	—	—	a)	—	—	—	—

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica-Anuários Climatológicos

— ausência de dados

a) acumulação não operada com estes valores

\* precipitação acumulada de Setembro a Abril

**ANEXO VI. c) - PRECIPITAÇÕES MENSAIS (mm)-Média entre Barra/S.Jacinto e Estarreja**

ANO	CHUVA de SET. a ABRIL	MAI	JUN	JUL	AGO
1954	738,5 a)	16,1 a)	32,0 a)	3,2 a)	13,5 a)
1955	1016,6 a)	41,5 a)	82,7 a)	1,0 a)	2,2 a)
1956	1186,2 c)	145,7	8,6	39,7	80,9
1957	810,9	64,4	27,3	18,7	9,3
1958	830,9	46,3	104,7	20,5	33,3
1959	877,5	76,6	32,7	0,0	17,1
1960	1445,4	111,5	13,9	7,3	70,3
1961	1459,7	47,6	55,9	19,4	13,7
1962	941,4 d)	31,6	7,0	24,6	0,4
1963	906,0	33,3	76,4	3,7	8,0
1964	1160,5	22,7	50,3	7,4	1,0
1965	571,8 e)	39,4	7,3	6,6	1,2
1966	1324,3	26,5	25,0	0,6	22,7
1967	618,0	77,8	3,0	0,3	21,7
1968	633,2	95,2	1,8	1,6	7,6
1969	1141,3	129,2 a)	39,9	0,2	1,4
1970	750,7	137,5	106,9	1,0	10,4
1971	557,4	91,9	85,9	39,7	35,2
1972	664,4	39,5	15,1	2,6	23,2
1973	607,1	167,4	30,8	19,7	3,3
1974	665,5	61,7	175,7 b)	0,5	1,4
1975	630,2 f)	50,0 b)	2,5 b)	4,6 b)	2,2 b)
1976	548,4 g)	3,3	1,3	6,5	72,3
1977	1607,5 h)	48,7	39,2	8,2	20,6
1978	846,2 i)	27,6 a)	14,0 a)	0,0 a)	0,0 a)

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica - Arquivos Climatológicos

- a) só dados de Barra/S.Jacinto
- b) " " " Estarreja
- c) Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro com dados só de Barra/S.Jacinto
- d) Abril com dados só de Barra/S.Jacinto
- e) Novembro, Dezembro e Janeiro com dados só de Estarreja
- f) Março com dados só de Estarreja
- g) Fevereiro com dados só de Estarreja
- h) Janeiro com dados só de Estarreja
- i) Janeiro, Fevereiro, Março e Abril com dados só de Barra/S.Jacinto

(Anexo VI. d).

PRECIPITAÇÕES MENSAIS (mm)- Anadia

ANO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MA	ABR	acum*	MAI	JUN	JUL	AGO
1954	44,7	175,3	83,7	54,7	85,6	100,6	231,3	65,9	841,8	57,4	28,5	0,3	28,8
1955	4,7	21,8	106,6	87,4	305,3	250,8	70,7	29,5	876,8	31,1	42,2	0,0	4,3
1956	0,5	24,5	157,7	291,1	171,5	79,5	221,8	168,5	1115,1	130,0	3,5	24,6	88,0
1957	85,7	122,4	35,8	80,9	40,8	163,9	102,7	41,8	674,0	72,4	57,3	6,8	30,0
1958	33,6	10,5	123,7	132,1	156,5	67,3	156,7	55,5	735,9	51,8	83,2	27,3	30,4
1959	21,0	84,9	4,6	215,7	169,1	38,3	209,3	87,9	830,8	76,4	36,0	0,0	26,0
1960	127,2	121,5	224,0	253,9	116,5	201,5	241,0	77,0	1332,6	125,0	22,0	3,2	55,7
1961	132,1	356,8	254,5	195,8	143,3	36,3	29,7	162,0	1310,5	97,4	47,0	8,9	14,0
1962	41,5	114,9	152,5	245,9	145,8	24,9	186,3	69,1	980,9	23,2	5,9	11,4	0,0
1963	28,4	73,5	107,7	53,9	190,0	262,6	144,7	133,7	994,5	57,7	88,2	1,2	5,2
1964	10,3	67,6	417,9	202,7	14,8	244,6	221,8	45,6	1225,3	26,8	91,1	30,9	14,4
1965	68,6	59,1	21,2	67,1	163,1	80,2	169,0	47,8	676,1	40,3	8,6	9,0	2,5
1966	185,6	191,9	262,7	203,0	228,0	404,0	2,4	262,5	1740,1	27,2	50,7	11,3	50,3
1967	73,9	251,6	76,7	77,5	169,5	98,3	97,2	32,0	876,7	125,0	7,6	0,8	15,7
1968	34,3	42,3	118,4	23,3	8,1	279,9	57,3	124,9	688,5	113,1	2,9	0,5	21,6
1969	98,5	66,2	212,2	191,8	—	163,7	206,8	68,7	a)	163,1	48,7	0,5	1,2
1970	103,4	62,2	151,3	104,4	368,2	49,2	15,7	30,0	884,4	148,7	86,6	2,0	20,0
1971	11,8	12,7	170,2	38,7	200,1	33,6	95,8	174,6	737,5	123,4	122,9	58,4	20,8
1972	2,8	15,2	31,5	47,0	162,6	248,4	129,9	52,8	690,2	65,4	11,6	7,4	1,4
1973	32,4	135,4	154,9	167,7	151,7	57,6	71,1	30,8	801,6	173,3	37,1	31,0	0,0
1974	65,0	81,5	61,3	112,8	272,2	182,9	60,4	64,8	900,9	91,2	194,7	3,9	0,0
1975	35,7	16,2	169,8	21,7	123,4	126,9	159,7	34,3	687,7	47,4	20,7	3,1	0,5
1976	64,4	56,0	84,6	41,8	54,9	78,6	69,5	65,9	515,7	9,0	0,0	5,6	45,9
1977	69,6	276,6	175,7	212,9	271,3	323,4	100,5	72,4	1502,4	81,5	71,8	10,3	25,3
1978	21,6	140,6	91,0	241,6	132,4	251,1	142,5	138,4	1159,2	56,7	52,6	0,2	0,0

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica-Anuários Climatológicos

\* precipitação acumulada de Setembro a Abril

— ausência de valores

a) acumulação não operada com estes valores

ANEXO VII- MATRIZ DE CORRELAÇÃO

	Y1= área	X1= preço	X2= emigração	X3= salário Homens	X4= salários Mulheres	Y <sub>t,t-1</sub> = produção desfasada	X6= celulose	X7= transplan.	X8= préchuva
Y1= área	1,0000	-0,9558	-0,5577	-0,9586	-0,9648	0,4543	-0,8829	0,8466	0,2410
X1= preço	-0,9558	1,0000	0,6962	0,9748	0,9752	-0,5775	0,8708	-0,9212	-0,2344
X2= emigração	-0,5577	0,6962	1,0000	0,6111	0,6047	-0,4574	0,5418	-0,7916	-0,0687
X3= salário Homens	-0,9586	0,9748	0,6111	1,0000	0,9982	-0,4966	0,8945	-0,8908	-0,2573
X4= salários Mulheres	-0,9648	0,9752	0,6047	0,9982	1,0000	-0,5015	0,8845	-0,8912	-0,2640
Y <sub>t,t-1</sub> = produção desfasad	0,4543	-0,5775	-0,4574	-0,4966	-0,5015	1,0000	-0,5155	0,4123	-0,1199
X6= celulose	-0,8829	0,8708	0,5418	0,8945	0,8845	-0,5155	1,0000	-0,7224	0,0264
X7= transplan	0,8466	-0,9212	-0,7916	-0,8908	-0,8912	0,4123	-0,7224	1,0000	0,3407
X8= préchuva	0,2410	-0,2344	-0,0687	-0,2573	-0,2640	-0,1199	0,0264	0,3407	1,0000

FONTE: Programa de computador Statgraphics-Multivariate Methods-Correlation Analysis

# ANEXO VIII.a) Stepwise Selection for AVEIRO.area

Selection: Forward Maximum steps: 500 F-to-enter: 4.54  
Control: Manual Step: 0 F-to-remove: 4.54

R-squared: .00000 Adjusted: .00000 MSE: 1552.9 d.f.: 16

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
			1. AVEIRO.preco	.9558	158.7093
			2. AVEIRO.salarion	.9586	170.0202
			3. AVEIRO.salarion	.9648	201.7459
			4. AVEIRO.emigraca	.5577	6.7700
			5. AVEIRO.desfasad	.4543	3.9018
			6. AVEIRO.prechuva	.2410	.9252
			7. AVEIRO.tecno	.8466	37.9536
			8. AVEIRO.celulose	.8829	53.0331

# ANEXO VIII. b) Stepwise Selection for AVEIRO.area

Selection: Forward Maximum steps: 500 F-to-enter: 4.60  
Control: Manual Step: 1 F-to-remove: 4.60

R-squared: .93079 Adjusted: .92618 MSE: 114.634 d.f.: 15

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
3. AVEIRO.salarion	-3.49503	201.7459	1. AVEIRO.preco	.2575	.9940
			2. AVEIRO.salarion	.2801	1.1917
			4. AVEIRO.emigraca	.1227	.2139
			5. AVEIRO.desfasad	.1294	.2385
			6. AVEIRO.prechuva	.0537	.0405
			7. AVEIRO.tecno	.1111	.1749
			8. AVEIRO.celulose	.2411	.8638

#### ANEXO VIII.c)- O teste-F parcial

O *teste-F parcial* funciona como um critério de manutenção do coeficiente duma variável no modelo. Uma variável, uma vez entrada no modelo pode, nas etapas subsequentes, não se manter, pode deixar de ser significativa e haver necessidade da sua *remoção* ( daí o teste-*F parcial* ser designado, também, por *F de remoção*). São duas as hipóteses a testar em alternativa:

- ou o coeficiente estimado é nulo ( $H_0 : a_i = 0$ ) e a variável nada explica;

- ou o coeficiente é diferente de zero ( $H_1 : a_i \neq 0$ ) e a variável explica e na quantidade expressa pelo coeficiente.

Os graus de liberdade são 1 e t-k, respectivamente, para o numerador e denominador, sendo t=nº de observações e k=nº de parâmetros já estimados ( incluindo a constante).

Uma vez que o *teste-F parcial* se assume como um critério de manutenção duma variável no modelo, é importante que, à partida, ele seja conhecido quando se pretende introduzir uma variável no modelo. Nesse caso, quando, *sequencialmente*, se (re)inicia o processo e as variáveis são adicionadas uma a uma, por etapas, na equação de regressão, o teste-F parcial ele pode ser, também, designado especificamente por *teste-F sequencial* ou *F de entrada*.

Por isso, torna-se evidente que o valor de *F de entrada* ( ou *sequencial* ) *nunca* poderá ser *inferior* ao *F de remoção* (ou parcial). Como se admite que tenham valores iguais a designação de *F sequencial* ou *F parcial* só está dependente do momento da análise: respectivamente, *antes* ou *depois* da variável ter entrado no modelo.



ANEXO V. d) Model fitting results for: AVEIRO.area

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	302.944763	6.145988	49.2915	0.0000
AVEIRO.salarion	-3.495027	0.246064	-14.2037	0.0000

R-SQ. (ADJ.) = 0.9262 SE= 10.706733 MAE= 6.358004 DurWat= 1.410  
 Previously: 0.0000 0.000000 0.000000 0.000  
 17 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.

ANEXO IX- MATRIZ DE CORRELAÇÃO

	Y2= produçã o arroz	Y1= área	X2= emigração	X6= celulose	X7= transplan	X8= préchuva	X9= chuvamaí	X10= chuvajun	X11= chuvajulh
Y2= produção arroz	1,0000	0,4728	-0,3351	-0,4853	0,4978	0,1109	-0,3527	0,3601	0,2232
Y1= área	0,4728	1,0000	-0,5577	-0,8829	0,8466	0,2410	-0,3520	0,1431	0,4265
X2= emigração	-0,3351	-0,5577	1,0000	0,5418	-0,7916	-0,0687	-0,1057	-0,1843	-0,4414
X6= celulose	-0,4853	0,8829	0,5418	1,0000	-0,7224	0,0264	0,3694	0,0249	-0,4193
X7= transplantação	0,4978	0,8466	-0,7916	-0,7224	1,0000	0,3407	-0,3056	0,1989	0,4970
X8= préchuva	0,1109	0,2410	-0,0687	0,0264	0,3407	1,0000	0,0781	0,0359	0,2532
X9= chuvamaio	-0,3527	-0,3520	-0,1057	0,3694	-0,3056	0,0781	1,0000	-0,0750	0,1264
X10= chuvajunho	0,3601	0,1431	-0,1843	0,0249	0,1989	0,0359	-0,0750	1,0000	-0,1283
X11= chuvajulho	0,2232	0,4265	-0,4414	-0,4193	0,4970	0,2532	0,1264	-0,1283	1,0000
X12= chuvaagosto	-0,3343	0,3609	-0,2563	-0,3199	0,2500	0,4124	0,4947	-0,2049	0,4939
X13= tempabril	0,4762	0,6327	-0,4912	-0,6453	0,5875	0,3666	-0,2479	-0,0103	0,2070
X14= tempmaio	0,3123	0,2822	-0,1846	-0,0557	0,2935	0,6428	-0,0482	0,1766	0,3105
X15= tempjunho	-0,2105	-0,0397	-0,2301	0,0156	0,1405	0,3853	0,3339	-0,5849	0,3732
X16= tempjulho	-0,0221	-0,4915	0,0282	0,6254	-0,2364	0,1716	0,5392	0,0982	-0,1382
X17= tempagosto	0,5188	-0,0715	-0,1945	0,1287	0,1952	0,2849	0,1173	0,0841	-0,1017
X18= tempsetembro	0,3891	-0,0332	-0,0111	0,0690	0,1999	0,1287	-0,0499	0,3202	0,0988

ANEXO IX- MATRIZ DE CORRELAÇÃO ( continuação)

	X12= chuvaagosto	X13= tempabril	X14= tempmaio	X15= tempjunho	X16= tempjulho	X17= tempagosto	X18= tempsetemb
Y2= produção arroz	-0,3343	0,4762	0,3123	-0,2105	-0,0221	0,5188	0,3891
Y1= área	0,3609	0,6327	0,2822	-0,0397	-0,4915	-0,0715	-0,0332
X2= emigração	-0,2563	-0,4912	-0,1846	-0,2301	0,0282	-0,1945	-0,0111
X6= celulose	-0,3199	-0,6453	-0,0557	0,0156	0,6254	0,1287	0,0690
X7= transplantação	0,2500	0,5875	0,2935	0,1405	-0,2364	0,1952	0,1999
X8= préchuva	0,4124	0,3666	0,6428	0,3853	0,1716	0,2849	0,1287
X9= chuvamaio	0,4947	-0,2479	-0,0482	0,3339	0,5392	0,1173	-0,0499
X10= chuvajunho	-0,2049	-0,0103	0,1766	-0,5849	0,0982	0,0841	0,3202
X11= chuvajulho	0,4939	0,2070	0,3105	0,3732	-0,1382	-0,1017	0,0988
X12= chuvaagosto	1,0000	0,2419	0,1405	0,4624	-0,1615	-0,2655	-0,1430
X13= tempabril	0,2419	1,0000	0,3507	0,1533	-0,3403	0,0740	-0,1858
X14= tempmaio	0,1405	0,3507	1,0000	0,2612	-0,0621	0,1117	0,0554
X15= tempjunho	0,4624	0,1533	0,2612	1,0000	0,1004	0,1792	0,0461
X16= tempjulho	-0,1615	-0,3403	-0,0621	0,1004	1,0000	0,6580	0,2814
X17= tempagosto	-0,2655	0,0740	0,1117	0,1792	0,6580	1,0000	0,6322
X18= tempsetembro	-0,1430	-0,1858	0,0554	0,0461	0,2814	0,6322	1,0000

FONTE: Programa de computador Statgraphics-Multivariate Methods-Correlation Analysis

Stepwise Selection for AVEIRO.arroz

Selection: Forward  
Control: Manual

Maximum steps: 500  
Step: 0

F-to-enter: 4.54  
F-to-remove: 4.54

R-squared: .00000

Adjusted: .00000

MSE: 9344.52

d.f.: 16

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
			14. AVEIRO.tempagos	.5188	5.5228
			3. AVEIRO.tecno	.4978	4.9423
			2. AVEIRO.celulose	.4853	4.6201
			10. AVEIRO.tempabri	.4762	4.3983
			1. AVEIRO.area	.4728	4.3173
			15. AVEIRO.tempset	.3891	2.6756
			7. AVEIRO.chujunho	.3601	2.2352
			6. AVEIRO.chumaio	.3527	2.1310
			4. AVEIRO.emigraca	.3351	1.8969
			9. AVEIRO.chuagos	.3343	1.8868
			11. AVEIRO.tempmaio	.3123	1.6209
			8. AVEIRO.chujulho	.2232	.7868

Fluxo 8.b) Stepwise Selection for AVEIRO.arroz

Selection: Forward Maximum steps: 500 F-to-enter: 4.60  
Control: Manual Step: 1 F-to-remove: 4.60

R-squared: .26911 Adjusted: .22038 MSE: 7285.17 d.f.: 15

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
14. AVEIRO.tempagos	46.0233	5.5228	2. AVEIRO.celulose	.6511	10.3022
			1. AVEIRO.area	.5979	7.7887
			13. AVEIRO.tempjulh	.5645	6.5475
			10. AVEIRO.tempabri	.5135	5.0125
			6. AVEIRO.chumaio	.4871	4.3544
			3. AVEIRO.tecno	.4729	4.0338
			7. AVEIRO.chujunho	.3715	2.2415
			12. AVEIRO.tempjunh	.3608	2.0946
			8. AVEIRO.chujulho	.3245	1.6482
			11. AVEIRO.tempmaio	.2994	1.3780
			4. AVEIRO.emigraca	.2793	1.1841
			9. AVEIRO.chuagos	.2385	.8440

# Annex 8e)-Stepwise Selection for AVEIRO.arroz

Selection: Forward  
Control: Manual

Maximum steps: 500  
Step: 2

F-to-enter: 4.67  
F-to-remove: 4.67

R-squared: .57895      Adjusted: .51880      MSE: 4496.61      d.f.: 14

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
2. AVEIRO.celulose	-0.00201	10.3022	9. AVEIRO.chuagos	.5979	7.2328
14. AVEIRO.tempagos	52.4306	11.4204	7. AVEIRO.chujunho	.5017	4.3732
			12. AVEIRO.tempjunh	.4819	3.9312
			6. AVEIRO.chumaio	.3570	1.8993
			11. AVEIRO.tempmaio	.3343	1.6354
			13. AVEIRO.tempjulh	.1778	.4243
			4. AVEIRO.emigraca	.1623	.3516
			10. AVEIRO.tempabri	.1448	.2784
			15. AVEIRO.tempset	.1079	.1531
			8. AVEIRO.chujulho	.0816	.0872
			5. AVEIRO.prechuva	.0686	.0614
			1. AVEIRO.area	.0640	.0535

Questão 8.d). Stepwise Selection for AVEIRO.arroz

Selection: Forward  
Control: Manual

Maximum steps: 500  
Step: 3

F-to-enter: 4.75  
F-to-remove: 4.75

R-squared: .72947

Adjusted: .66703

MSE: 3111.4

d.f.: 13

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
2. AVEIRO.celulose	-0.00245	20.1246	1. AVEIRO.area	.2375	.7173
9. AVEIRO.chuagos	-1.74364	7.2328	3. AVEIRO.tecno	.0392	.0185
14. AVEIRO.tempagos	43.8977	10.9103	4. AVEIRO.emigraca	.0579	.0403
			5. AVEIRO.prechuva	.3888	2.1364
			6. AVEIRO.chumaio	.1550	.2955
			7. AVEIRO.chujunho	.4901	3.7930
			8. AVEIRO.chujulho	.4555	3.1423
			10. AVEIRO.tempabri	.2594	.8656
			11. AVEIRO.tempmaio	.5469	5.1221
			12. AVEIRO.tempjunh	.2207	.6143
			13. AVEIRO.tempjulg	.0470	.0266
			15. AVEIRO.tempset	.1569	.3027

# ~~Avex 84~~ Stepwise Selection for AVEIRO.arroz

Selection: Forward  
 Control: Manual

Maximum steps: 500  
 Step: 4

F-to-enter: 4.84  
 F-to-remove: 4.84

R-squared: .81040

Adjusted: .74720

MSE: 2362.34

d.f.: 12

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
2. AVEIRO.celulose	-0.00243	26.0513	1. AVEIRO.area	.0299	.0098
9. AVEIRO.chuagos	-1.95650	11.6707	3. AVEIRO.tecno	.1828	.3804
11. AVEIRO.tempmaio	30.0574	5.1221	4. AVEIRO.emigraca	.1534	.2651
14. AVEIRO.tempagos	39.7349	11.4840	5. AVEIRO.prechuva	.0359	.0142
			6. AVEIRO.chumaio	.3528	1.5643
			7. AVEIRO.chujunho	.4590	2.9354
			8. AVEIRO.chujulho	.3722	1.7691
			10. AVEIRO.tempabri	.0600	.0398
			12. AVEIRO.tempjunh	.3945	2.0271
			13. AVEIRO.tempjulh	.2401	.6731
			15. AVEIRO.tempset	.2046	.4806

Figure 8.11 - Model fitting results for: AVEIRO.arroz

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	-486.678619	277.70293	-1.7525	0.1052
AVEIRO.celulose	-0.002429	0.000476	-5.1040	0.0003
AVEIRO.chuagos	-1.956499	0.572705	-3.4162	0.0051
AVEIRO.tempmaio	30.057412	13.280863	2.2632	0.0430
AVEIRO.tempagos	39.734888	11.725358	3.3888	0.0054
-----				
R-SQ. (ADJ.) = 0.7472	SE= 48.603860	MAE= 34.902650	DurbWat= 1.490	
Previously: 0.9262	10.706733	6.358004	1.410	
17 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.				



## Anexo X.g)- O teste Durbin-Watson

O valor do teste de Durbin-Watson,  $d$ , pode avaliar se a correlação serial dos erros está presente. O

valor do teste é dado pela expressão  $d = \frac{\sum_{t=2}^T (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2}$  em que  $\hat{u}_t$  é o valor do resíduo no período

$t$ .

No caso da estimação das equações (II.8) e (II.9) o número de total de observações,  $T$ , é igual a 17.

No caso da equação (II.8), para o número de variáveis explicativas (excluindo a constante), o valor encontrado para  $d=1,4098$  é superior ao crítico<sup>1</sup> ( $d=1,38$ ).

Na equação (II.9), tendo em conta o número de variáveis explicativas (4 excluindo a constante), e para o mesmo número de observações ( $T=17$ ), existem dois pontos, um inferior,  $d_l=0,78$ , e outro superior,  $d_u=1,90$ , que, com 5% de significância, limitam as seguintes regiões: aquela onde existe correlação serial positiva de 1ª ordem para os resíduos, situada abaixo do limite inferior  $d_l$ ; a situada acima do limite superior,  $d_u$ , que expressa ausência desse tipo de correlação; e, finalmente, uma terceira região, compreendida entre esses valores limite, onde não se tira qualquer conclusão acerca da correlação serial positiva de 1ª ordem conforme se pode ver na figura seguinte:

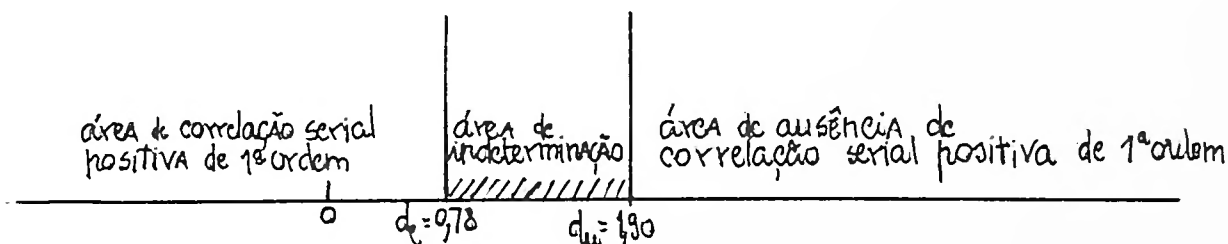


Fig.A.1- Limites para autocorrelação serial positiva com 5% de significância e 17 observações

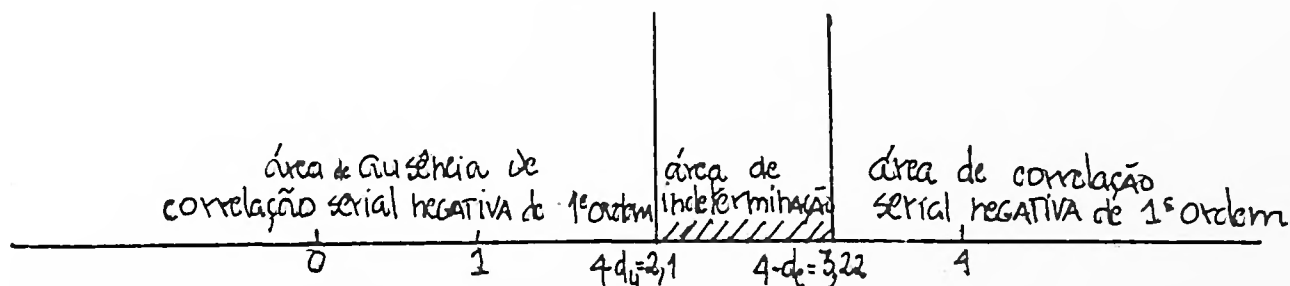


Fig.A.2- Limites para autocorrelação serial negativa com 5% de significância e 17 observações

<sup>1</sup> Dado por tabelas especiais

# Anexo XI.a) - Stepwise Selection for AVEIRO2.area

Selection: Forward		Maximum steps: 500		F-to-enter: 4.28	
Control: Manual		Step: 0		F-to-remove: 4.28	
R-squared: .00000		Adjusted: .00000		MSE: 5241	
				d.f.: 24	
Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
			1. AVEIRO2.preco	.7273	25.8311
			2. AVEIRO2.salarario	.8947	92.3052
			3. AVEIRO2.salarario	.8706	71.9974
			4. AVEIRO2.celulos	.6902	20.9243
			5. AVEIRO2.emigrac	.3972	4.3078
			6. AVEIRO2.tecno	.8314	51.4723
			7. AVEIRO2.desfasa	.8300	50.9271
			8. AVEIRO2.prechuv	.3060	2.3760

Fluxo 11. b) - Stepwise Selection for AVEIRO2.area

Selection: Forward		Maximum steps: 500		F-to-enter: 4.30	
Control: Manual		Step: 1		F-to-remove: 4.30	
R-squared: .80053		Adjusted: .79186		MSE: 1090.88	
				d.f.: 23	

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
2. AVEIRO2.salarario	-1.04738	92.3052	1. AVEIRO2.preco	.1555	.5451
			3. AVEIRO2.salarario	.3653	3.3870
			4. AVEIRO2.celulos	.7507	28.4047
			5. AVEIRO2.emigrac	.2647	1.6571
			6. AVEIRO2.tecno	.7165	23.2095
			7. AVEIRO2.desfasa	.2013	.9287
			8. AVEIRO2.prechuv	.4488	5.5503

# Anexo XI.c) Stepwise Selection for AVEIRO2.area

Selection: Forward  
 Control: Manual

Maximum steps: 500  
 Step: 2

F-to-enter: 4.32  
 F-to-remove: 4.32

R-squared: .91294

Adjusted: .90502

MSE: 497.775

d.f.: 22

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
2. AVEIRO2.salarario	-0.85843	110.3170	1. AVEIRO2.preco	.0659	.0915
4. AVEIRO2.celulos	-0.00104	28.4047	3. AVEIRO2.salarario	.5294	8.1753
			5. AVEIRO2.emigrac	.1802	.7052
			6. AVEIRO2.tecno	.4101	4.2460
			7. AVEIRO2.desfasa	.0324	.0220
			8. AVEIRO2.prechuv	.5918	11.3184

Fluxo 8. d) - Stepwise Selection for AVEIRO2.area

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.35  
Control: Manual                      Step: 3                      F-to-remove: 4.35

R-squared: .94343                      Adjusted: .93535                      MSE: 338.849                      d.f.: 21

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
2. AVEIRO2.salario	-0.84151	154.8705	1. AVEIRO2.preco	.3620	3.0169
4. AVEIRO2.celulos	-0.00100	38.1282	3. AVEIRO2.salario	.5051	6.8517
8. AVEIRO2.prechuv	0.04084	11.3184	5. AVEIRO2.emigrac	.1802	.6710
			6. AVEIRO2.tecno	.1690	.5883
			7. AVEIRO2.desfasa	.1223	.3039

# Anexo 2. e) Stepwise Selection for AVEIRO2.area

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.38  
Control: Manual                      Step: 4                      F-to-remove: 4.38

R-squared: .95786                      Adjusted: .94944                      MSE: 265.004                      d.f.: 20

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
2. AVEIRO2.salario	-2.11521	18.6150	1. AVEIRO2.preco	.1299	.3260
3. AVEIRO2.salario	1.93592	6.8517	5. AVEIRO2.emigrac	.1353	.3545
4. AVEIRO2.celulos	-0.00100	48.6353	6. AVEIRO2.tecno	.1578	.4851
8. AVEIRO2.prechuv	0.03438	9.7445	7. AVEIRO2.desfasa	.2046	.8305

Exemplo 11.11. Model fitting results for: AVEIRO2.area

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	304.504763	16.923647	17.9929	0.0000
AVEIRO2.salariorh	-2.115212	0.490256	-4.3145	0.0003
AVEIRO2.salariorom	1.935917	0.739582	2.6176	0.0165
AVEIRO2.celulose	-0.001	0.000143	-6.9739	0.0000
AVEIRO2.prechuva	0.034383	0.011014	3.1216	0.0054
-----				
R-SQ. (ADJ.) = 0.9494	SE= 16.278950	MAE= 12.588170	DurbWat= 1.404	
Previously: 0.0000	0.000000	0.000000	0.000	
25 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.				

Annex 8.1 Correlation matrix for coefficient estimates

	CONSTANT	AVEIRO2.salarior	AVEIRO2.salarior	AVEIRO2.celulose
CONSTANT	1.0000	-.1879	.1943	-.7197
AVEIRO2.salarior	-.1879	1.0000	-.9925	-.0551
AVEIRO2.salarior	.1943	-.9925	1.0000	.0032
AVEIRO2.celulose	-.7197	-.0551	.0032	1.0000
AVEIRO2.prechuva	-.6788	.2311	-.2239	.0760



ANEXO XI. h) - Model fitting results for: AVEIRO2.area

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	295.896318	18.772046	15.7626	0.0000
AVEIRO2.salarion	-0.841509	0.06762	-12.4447	0.0000
AVEIRO2.celulose	-0.001001	0.000162	-6.1748	0.0000
AVEIRO2.prechuva	0.040838	0.012139	3.3643	0.0029
-----				
R-SQ. (ADJ.) = 0.9353	SE= 18.407844	MAE= 13.996014	DurbWat= 1.195	
Previously: 0.9494	16.278950	12.588170	1.404	
25 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.				

Fluxo XII. a) - Stepwise Selection for AVEIRO2.arroz

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.28  
Control: Manual                      Step: 0                      F-to-remove: 4.28

R-squared: .00000                      Adjusted: .00000                      MSE: 28606                      d.f.: 24

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
			1. AVEIRO2.area	.8680	70.2876
			3. AVEIRO2.tecno	.6815	19.9429
			11. AVEIRO2.tempmai	.5625	10.6436
			10. AVEIRO2.tempabr	.5392	9.4283
			4. AVEIRO2.celulos	.5120	8.1698
			2. AVEIRO2.emigrac	.4532	5.9458
			14. AVEIRO2.tempago	.3313	2.8367
			12. AVEIRO2.tempjun	.2747	1.8775
			8. AVEIRO2.chujulh	.1846	.8111
			9. AVEIRO2.chuagos	.1429	.4792
			5. AVEIRO2.prechuv	.1403	.4615
			7. AVEIRO2.chujunh	.0990	.2275

Fluxo XII. b) - Stepwise Selection for AVEIRO2.arroz

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.30  
Control: Manual                      Step: 1                      F-to-remove: 4.30

R-squared: .75345                      Adjusted: .74273                      MSE: 7359.44                      d.f.: 23

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
1. AVEIRO2.area	2.02791	70.2876	14. AVEIRO2.tempago	.6061	12.7758
			9. AVEIRO2.chuagos	.5191	8.1146
			13. AVEIRO2.tempjul	.4643	6.0450
			5. AVEIRO2.prechuv	.2652	1.6638
			4. AVEIRO2.celulos	.2425	1.3748
			2. AVEIRO2.emigrac	.2380	1.3213
			15. AVEIRO2.tempset	.2374	1.3142
			11. AVEIRO2.tempmai	.1940	.8607
			7. AVEIRO2.chujunh	.1736	.6836
			3. AVEIRO2.tecno	.1455	.4761
			6. AVEIRO2.chumaio	.0775	.1328
			10. AVEIRO2.tempabr	.0300	.0199

Fluxo XII.c) - Stepwise Selection for AVEIRO2.arroz

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.32  
Control: Manual                      Step: 2                      F-to-remove: 4.32

R-squared: .84403                      Adjusted: .82985                      MSE: 4867.38                      d.f.: 22

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
1. AVEIRO2.area	2.00313	103.5639	9. AVEIRO2.chuagos	.5477	8.9990
14. AVEIRO2.tempago	49.4658	12.7758	3. AVEIRO2.tecno	.4063	4.1532
			2. AVEIRO2.emigrac	.3488	2.9091
			5. AVEIRO2.prechuv	.3219	2.4274
			7. AVEIRO2.chujunh	.3019	2.1066
			4. AVEIRO2.celulos	.2654	1.5911
			12. AVEIRO2.tempjun	.2556	1.4678
			13. AVEIRO2.tempjul	.1441	.4454
			11. AVEIRO2.tempmai	.1096	.2551
			15. AVEIRO2.tempset	.0789	.1314
			8. AVEIRO2.chujulh	.0690	.1004
			6. AVEIRO2.chumaio	.0271	.0155

Anexo XII d) - Stepwise Selection for AVEIRO2.arroz

Selection: Forward Maximum steps: 500 F-to-enter: 4.35  
Control: Manual Step: 3 F-to-remove: 4.35

R-squared: .89082 Adjusted: .87522 MSE: 3569.53 d.f.: 21

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
1. AVEIRO2.area	2.07263	148.3849	2. AVEIRO2.emigrac	.2445	1.2711
9. AVEIRO2.chuagos	-1.59797	8.9990	3. AVEIRO2.tecno	.4128	4.1080
14. AVEIRO2.tempago	44.2433	13.6422	4. AVEIRO2.celulos	.1462	.4371
			5. AVEIRO2.prechuv	.2858	1.7793
			6. AVEIRO2.chumaio	.0987	.1968
			7. AVEIRO2.chujunh	.2098	.9211
			8. AVEIRO2.chujulh	.3611	2.9983
			10. AVEIRO2.tempabr	.0573	.0658
			11. AVEIRO2.tempmai	.0787	.1248
			12. AVEIRO2.tempjun	.1468	.4406
			13. AVEIRO2.tempjul	.3138	2.1843
			15. AVEIRO2.tempset	.0694	.0967

[Next]  $\bar{X}_{11.2}$ )- Model fitting results for: AVEIRO2.arroz

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	-781.624085	222.417961	-3.5142	0.0021
AVEIRO2.area	2.072628	0.170148	12.1813	0.0000
AVEIRO2.chuagos	-1.597973	0.532688	-2.9998	0.0068
AVEIRO2.tempagos	44.243319	11.978569	3.6935	0.0013

```
R-SQ. (ADJ.) = 0.8752  SE=      59.745579  MAE=      43.248908  DurbWat=   1.460
Previously:      0.9147      49.400121      34.458110      2.190
25 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.
```

# ANEXO XIV.a). Stepwise Selection for ANADIA2.AREA

Selection: Forward  
Control: Manual

Maximum steps: 500  
Step: 0

F-to-enter: 4.28  
F-to-remove: 4.28

R-squared: .00000

Adjusted: .00000

MSE: 682.707

d.f.: 24

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
			1. ANADIA2.DESFASA	.8488	59.2789
			2. AVEIRO2.emigrac	.4698	6.5155
			3. AVEIRO2.tecno	.7572	30.9085
			4. ANADIA2.PRECHUV	.0271	.0169
			5. AVEIRO2.preco	.7802	35.7710
			6. AVEIRO2.salario	.9437	187.3143
			7. AVEIRO2.salario	.9204	127.4066

Exercício 10.b) Stepwise Selection for ANADIA2.AREA

Selection: Forward Maximum steps: 500 F-to-enter: 4.30  
Control: Manual Step: 1 F-to-remove: 4.30

R-squared: .89064 Adjusted: .88589 MSE: 77.907 d.f.: 23

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
6. AVEIRO2.salario	-0.39873	187.3143	1. ANADIA2.DESFASA	.2870	1.9743
			2. AVEIRO2.emigrac	.1921	.8434
			3. AVEIRO2.tecno	.5385	8.9834
			4. ANADIA2.PRECHUV	.0990	.2178
			5. AVEIRO2.preco	.1461	.4798
			7. AVEIRO2.salario	.4638	6.0295



Fluxo III c) - Stepwise Selection for ANADIA2.AREA

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.32  
Control: Manual                      Step: 2                      F-to-remove: 4.32

R-squared: .92235              Adjusted: .91529              MSE: 57.833              d.f.: 22

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
3. AVEIRO2.tecno	12.2344	8.9834	1. ANADIA2.DESFASA	.2596	1.5172
6. AVEIRO2.salarario	-0.33251	98.8760	2. AVEIRO2.emigrac	.3271	2.5165
			4. ANADIA2.PRECHUV	.0222	.0104
			5. AVEIRO2.preco	.1269	.3436
			7. AVEIRO2.salarario	.4691	5.9265

Annexo XIII. d) Stepwise Selection for ANADIA2.AREA

Selection: Forward Maximum steps: 500 F-to-enter: 4.35  
Control: Manual Step: 3 F-to-remove: 4.35

R-squared: .93944 Adjusted: .93079 MSE: 47.2518 d.f.: 21

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
3. AVEIRO2.tecno	11.0220	8.7641	1. ANADIA2.DESFASA	.1927	.7715
6. AVEIRO2.salario	-0.82930	16.1601	2. AVEIRO2.emigrac	.2233	1.0496
7. AVEIRO2.salario	0.74753	5.9265	4. ANADIA2.PRECHUV	.1856	.7134
			5. AVEIRO2.preco	.0733	.1079

Exo III.e) Model fitting results for: ANADIA2.AREA

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	71.057698	3.780104	18.7978	0.0000
AVEIRO2.tecno	11.021994	3.723112	2.9604	0.0075
AVEIRO2.salarion	-0.829302	0.206296	-4.0200	0.0006
AVEIRO2.salarion	0.747528	0.307064	2.4344	0.0239

R-SQ. (ADJ.) = 0.9308 SE= 6.873997 MAE= 5.552117 DurWat= 0.732  
 Previously: 0.8104 41.307215 28.456449 2.194  
 25 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.

Anexo XIII. 4) - Correlation matrix for coefficient estimates

	CONSTANT	AVEIRO2.tecno	AVEIRO2.salarioh	AVEIRO2.salariom
CONSTANT	1.0000	-.8231	-.3393	.2177
AVEIRO2.tecno	-.8231	1.0000	.2283	-.1338
AVEIRO2.salarioh	-.3393	.2283	1.0000	-.9892
AVEIRO2.salariom	.2177	-.1338	-.9892	1.0000

Fig. 13.9 - Model fitting results for: ANADIA2.AREA

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	69.054768	4.081726	16.9180	0.0000
AVEIRO2.tecno	12.234429	4.081914	2.9972	0.0066
AVEIRO2.salarioh	-0.332508	0.033439	-9.9436	0.0000

R-SQ. (ADJ.) = 0.9153 SE= 7.604801 MAE= 6.434475 DurbinWat= 0.615  
 Previously: 0.9308 6.873997 5.552117 0.732  
 25 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.

Answer  $\tilde{X}_{III} \cdot h$  Analysis of Variance for the Full Regression

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	15112.6	2	7556.32	130.658	.0000
Error	1272.33	22	57.8330		
Total (Corr.)	16385.0	24			

R-squared = 0.922348

R-squared (Adj. for d.f.) = 0.915289

Std. error of est. = 7.6048

Durbin-Watson statistic = 0.615067

ANEXO XIV.a)- RESÍDUOS da EQUAÇÃO ESTIMADA (IL10)-ANADIA			
NÚMERO de OBSERVAÇÕES	VALORES OBSERVADOS de	VALORES ESTIMADOS de	RESÍDUOS
	$Y_{1A}$ (1)	$Y_{1A} = \hat{Y}_{1A}$ (2)	(3)=(1)-(2)
1	81	74,1037	6,89630
2	81	74,1436	6,85640
3	81	74,2567	6,74335
4	81	74,2500	6,75000
5	81	74,0006	6,99938
6	81	73,8310	7,16896
7	64	73,2325	-9,23253
8	62	72,6540	-10,6540
9	62	71,0978	-9,09783
10	65	70,6789	-5,67887
11	63	69,7512	-6,75117
12	60	55,8542	4,14580
13	60	53,8492	6,15082
14	58	52,2598	5,74021
15	50	49,4701	0,52995
16	48	47,9438	0,05616
17	50	46,0386	3,96143
18	45	43,5980	1,40240
19	30	39,5680	-9,56797
20	30	37,1739	-7,17391
21	16	28,8546	-12,8546
22	12	18,2143	-6,21431
23	5	8,20582	-3,20582
24	5	-0,43939	5,43939
25	5	-0,59078	11,5908

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection

O valor de  $\rho$  , coeficiente de um esquema autoregressivo de 1ªordem, pode ser calculado através de

$$\rho = \frac{\sum_{t=2}^T \hat{u}_t \hat{u}_{t-1}}{\sum_{t=2}^T \hat{u}_t^2} = 0,694288, \text{ onde } \hat{u}_t \text{ é o valor do residuo no período } t.$$

**ANEXO XIV.b)- TRANSFORMAÇÃO das VARIÁVEIS**

ANO	$Y_{A,t} = Y_{A,t} - 0,694 \cdot Y_{A,t-1}$	$X_{S,t} = X_{S,t} - 0,694 \cdot X_{S,t-1}$	$X_{T,t} = X_{T,t} - 0,694 \cdot X_{T,t-1}$
1955	24,786	6,49266	0,306
1956	24,786	6,23594	0,306
1957	24,786	6,4919	0,306
1958	24,786	7,22802	0,306
1959	24,786	7,21752	0,306
1960	7,786	8,66358	0,306
1961	17,584	9,15438	0,306
1962	18,972	12,62682	0,306
1963	21,972	10,6389	0,306
1964	17,89	12,55446	0,306
1965	16,278	15,6182	-0,694
1966	18,36	18,1782	0
1967	16,36	18,77338	0
1968	9,748	23,84606	0
1969	13,3	22,6134	0
1970	16,688	25,15794	0
1971	10,3	28,52132	0
1972	-1,23	35,54736	0
1973	9,18	34,33608	0
1974	-4,82	54,35928	0
1975	0,896	68,9954	0
1976	-3,328	76,8874	0
1977	1,53	81,998	0
1978	1,53	82,454	0

Fonte: Programa de computador Statgraphics-Regression Analysis, Stepwise Variable Selection



Fluxo XV.a) - Stepwise Selection for ANADIA3.areamodifi

-----  
 Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.30  
 Control: Manual                              Step: 0                              F-to-remove: 4.30

R-squared: .00000              Adjusted: .00000                      MSE: 94.6077                      d.f.: 23

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
			1. ANADIA3.salhmod	.8475	56.1021
			2. ANADIA3.tecnomo	.3790	3.6905

# ANADIA 3.6 Stepwise Selection for ANADIA3.areamodifi

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.32  
Control: Manual                              Step: 1                              F-to-remove: 4.32

R-squared: .71832              Adjusted: .70551                      MSE: 27.8607                      d.f.: 22

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
1. ANADIA3.salhmod	-0.32388	56.1021	2. ANADIA3.tecnomo	.1909	.7946

Fluxo  $\overline{XV.9}$ . Model fitting results for: ANADIA3.areamodifi

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	22.142232	1.624224	13.6325	0.0000
ANADIA3.salhmodifi	-0.323882	0.043241	-7.4901	0.0000

R-SQ. (ADJ.) = 0.7055 SE= 5.278321 MAE= 3.879474 DurbWat= 1.445  
 Previously: 0.0000 0.000000 0.000000 0.0000  
 24 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.

Ex 17. a) - Stepwise Selection for ANADIA2.ARROZ

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.28  
Control: Manual                      Step: 0                      F-to-remove: 4.28

R-squared: .00000                      Adjusted: .00000                      MSE: 8999.26                      d.f.: 24

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
			1. ANADIA2.AREA	.8862	84.1516
			3. AVEIRO2.tecno	.6299	15.1306
			2. AVEIRO2.emigrac	.5463	9.7829
			9. ANADIA2.TEMPABR	.4817	6.9496
			10. ANADIA2.TEMPMAL	.3926	4.1902
			13. ANADIA2.TEMPAGO	.2009	.9673
			8. ANADIA2.CHUAGOS	.1806	.7750
			14. ANADIA2.TEMPSET	.1712	.6943
			6. ANADIA2.CHUJUNH	.1448	.4929
			7. ANADIA2.CHUJULH	.1232	.3547
			5. ANADIA2.CHUMAIO	.1162	.3150
			11. ANADIA2.TEMPJUN	.1023	.2431

WEXI XVI. b). Stepwise Selection for ANADIA2.ARROZ

Selection: Forward Maximum steps: 500 F-to-enter: 4.30  
Control: Manual Step: 1 F-to-remove: 4.30

R-squared: .78535 Adjusted: .77602 MSE: 2015.67 d.f.: 23

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
1. ANADIA2.AREA	3.21750	84.1516	13. ANADIA2.TEMPAGO	.4362	5.1704
			7. ANADIA2.CHUJULH	.3695	3.4796
			2. AVEIRO2.emigrac	.3176	2.4685
			14. ANADIA2.TEMPSET	.3065	2.2817
			8. ANADIA2.CHUAGOS	.2425	1.3748
			5. ANADIA2.CHUMAIO	.2338	1.2723
			12. ANADIA2.TEMPJUL	.1462	.4807
			3. AVEIRO2.tecno	.1358	.4135
			11. ANADIA2.TEMPJUN	.1340	.4023
			9. ANADIA2.TEMPABR	.1009	.2261
			10. ANADIA2.TEMPMAI	.0508	.0570
			6. ANADIA2.CHUJUNH	.0359	.0285

ANEX V. c). Stepwise Selection for ANADIA2.ARROZ

Selection: Forward                      Maximum steps: 500                      F-to-enter: 4.32  
Control: Manual                      Step: 2                      F-to-remove: 4.32

R-squared: .82620              Adjusted: .81040              MSE: 1706.29              d.f.: 22

Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr.	F-Enter
1. ANADIA2.AREA	3.21850	99.4717	2. AVEIRO2.emigrac	.3097	2.2286
13. ANADIA2.TEMPAGO	16.4003	5.1704	3. AVEIRO2.tecno	.1888	.7764
			4. ANADIA2.PRECHUV	.1182	.2977
			5. ANADIA2.CHUMAI	.1856	.7492
			6. ANADIA2.CHUJUNH	.0733	.1134
			7. ANADIA2.CHUJULH	.3301	2.5674
			8. ANADIA2.CHUAGOS	.0886	.1661
			9. ANADIA2.TEMPABR	.0199	.0084
			10. ANADIA2.TEMPMAI	.2133	1.0014
			11. ANADIA2.TEMPJUN	.0932	.1841
			12. ANADIA2.TEMPJUL	.0088	.0016
			14. ANADIA2.TEMPSET	.2730	1.6909

Model fitting results for: ANADIA2.ARROZ

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT	-346.489511	149.739279	-2.3140	0.0304
ANADIA2.AREA	3.218499	0.322703	9.9735	0.0000
ANADIA2.TEMPAGOS	16.400259	7.212559	2.2738	0.0331

R-SQ. (ADJ.) = 0.8104 SE= 41.307215 MAE= 28.456449 DurbWat= 2.194  
 Previously: 0.0000 0.000000 0.000000 0.000  
 25 observations fitted, forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.

Anexo XVI Analysis of Variance for the Full Regression

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	178444.	2	89222.0	52.2902	.0000
Error	37538.3	22	1706.29		
Total (Corr.)	215982.	24			

R-squared = 0.826197

R-squared (Adj. for d.f.) = 0.810397

Std. error of est. = 41.3072

Durbin-Watson statistic = 2.1936